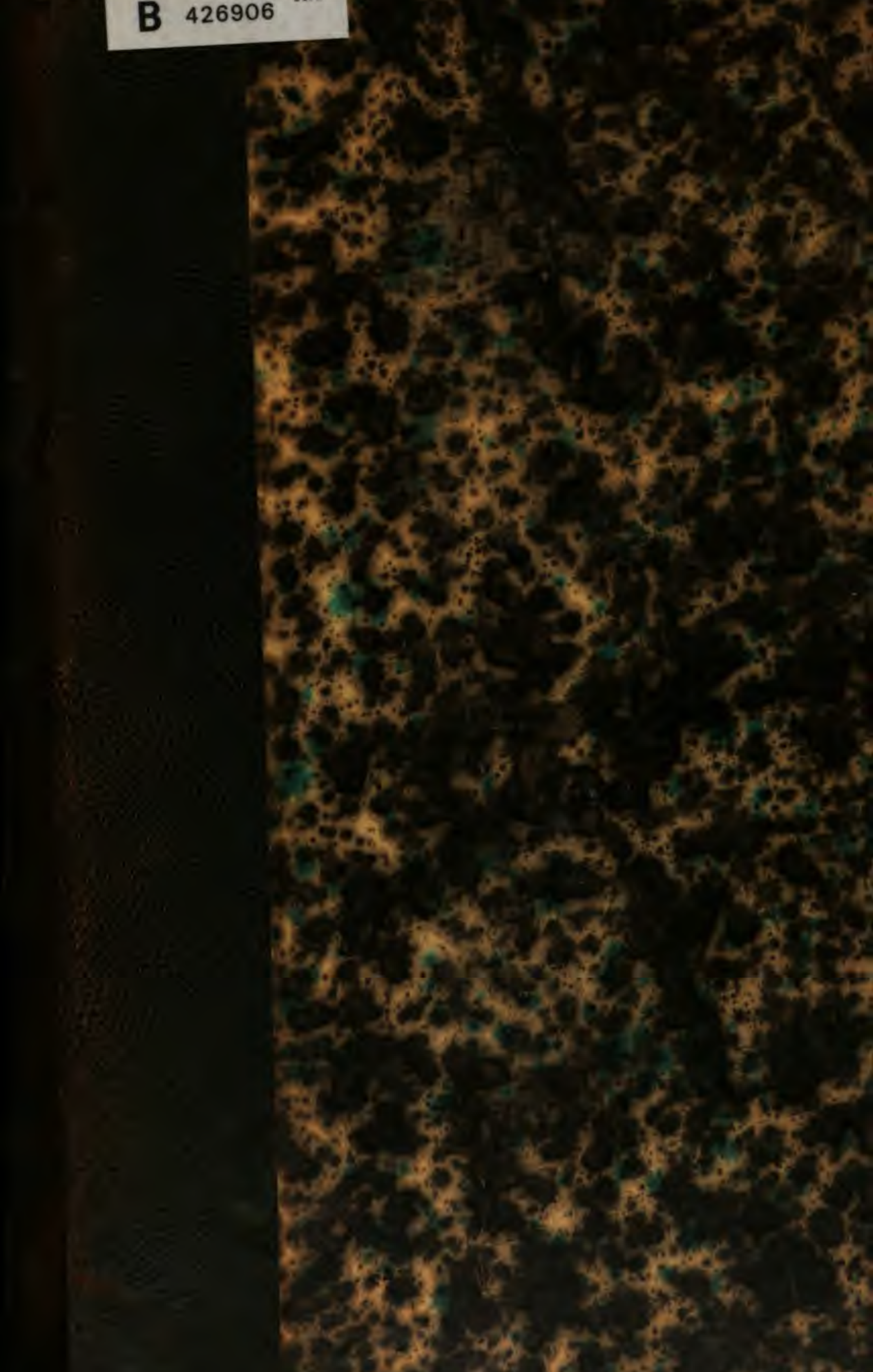
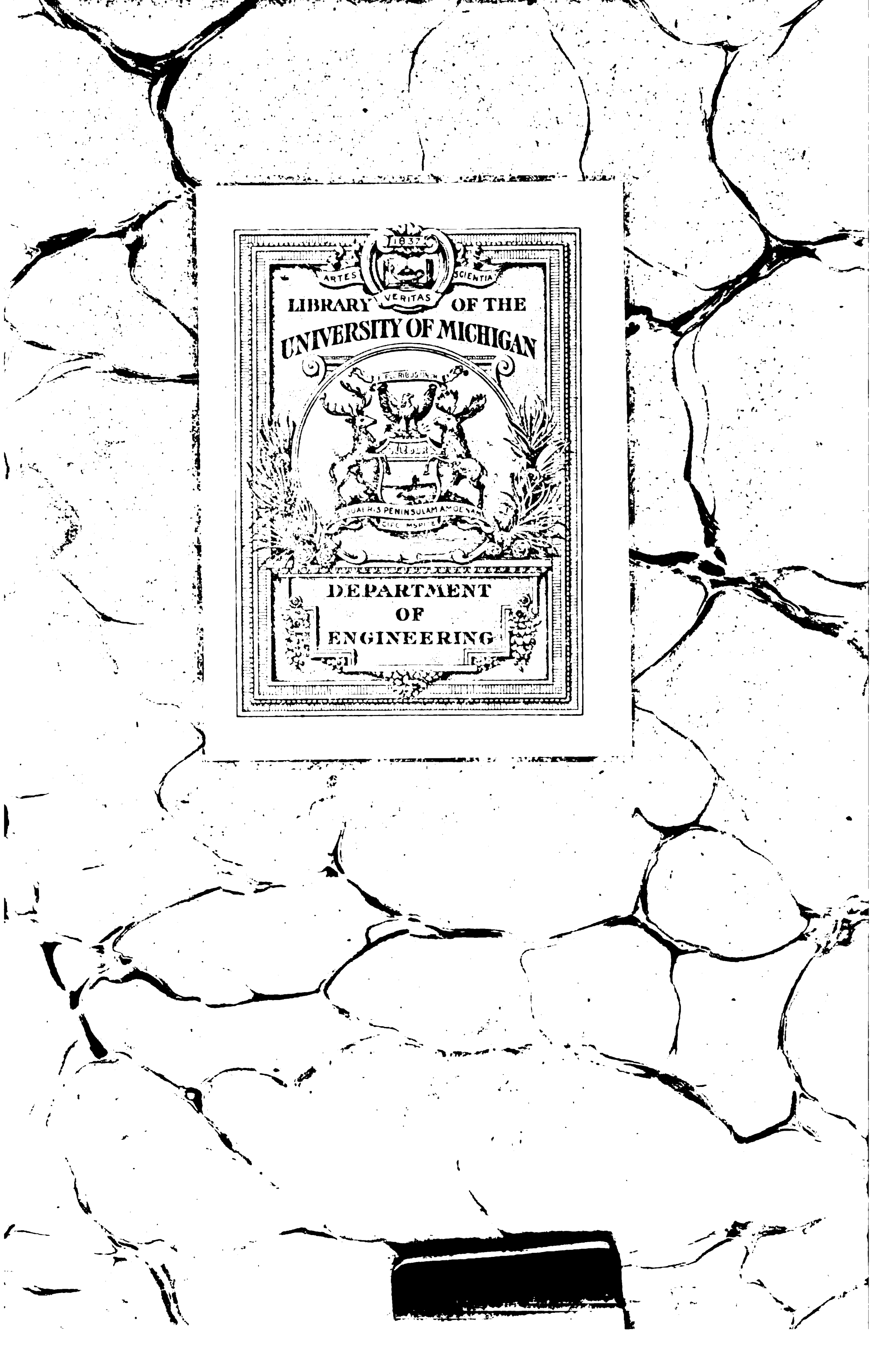

B 426906



1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING



SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

ANNÉE 1902

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1902

PREMIER VOLUME

PARIS
HOTEL DE LA SOCIÉTÉ
19, RUE BLANCHE, 19

1902

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

JANVIER 1902

N° 1.

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de janvier 1902, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Chemins de fer et Tramways.

Beau de Rochas (Alph.). — *Des machines locomotives à grande pression et grande adhérence, considérées en particulier comme moyens spéciaux et exceptionnels de traction sur les sections de chemins de fer à fortes rampes*, par Alph. Beau de Rochas (Publications scientifiques et industrielles de E. Lacroix) (in-4°, 280×225 de 20 p. avec 12 pl. autographiées). Paris, Eugène Lacroix, 1862 (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). 41452

Chemins de fer, Postes, Télégraphes, Téléphones et Marine. Compte rendu des opérations pendant l'année 1900 (Royaume de Belgique, Ministère des Chemins de fer, Postes et Télégraphes) (in-folio, 315×195 de A-179, B-24, C-31, D-12-x p., avec 2 cartes). Bruxelles, J. Goemaere, 1901. 41424

Decourt (E.). — *Note sur la machine compound n° 3701 de la Société Italienne des Chemins de fer Méridionaux. Réseau de l'Adriatique. Essais comparatifs avec la machine compound de la Compagnie de l'Ouest*, par M. E. Decourt (Extrait de la Revue générale des Chemins de fer et des Tramways. Numéro de novembre 1901) (in-4°, 320×230 de 30 p., avec 5 pl.). Paris, Ve Ch. Dunod, 1901 (Don de l'auteur, M. de la S.). 41432

Proceedings of the Second Annual Convention of the American Railway Engineering and Maintenance of Way Association, held at Auditorium Hotel, Chicago, Illinois, March 12, 13 and 14, 1901. Volume 2 (in-8°, 230×150 de 492-xx p. avec pl.). Published under Direction of the Committee in Publication, 1901. 41420

Seventh Annual Report of the Boston Transit Commission, for the year ending August 15, 1901 (in-8°, 240×150 de 56 p. avec 13 pl.). Boston, Rockwell and Churchill Press, 1901. 41443

Statistique des Chemins de fer français au 31 décembre 1899. Documents divers. Deuxième partie. Intérêt local et Tramways. France et Algérie (Ministère des Travaux publics. Direction des Chemins de fer) (in-4° 310×230 de 395 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1901. 41422

Chimie.

WAGNER (R.), FISCHER (F.) et GAUTIER (L.). — *Traité de Chimie industrielle.* Quatrième édition française entièrement refondue publiée d'après la quinzième édition allemande. *Tome premier. Combustibles et chauffage. Matières colorantes et éclairage. Métallurgie chimique. Produits chimiques inorganiques* (in-8° 250×165 de VII-941 p. avec 604 gravures). Paris, Masson et Cie, 1901 (Don des éditeurs). 41447

Construction des Machines.

BRÜLL (A.). — *Appareil pour l'étude de la circulation dans les chaudières à tubes d'eau,* par M. A. Brüll (Extrait des Comptes rendus mensuels de la Société de l'Industrie minérale. Novembre-décembre 1901) (in-8°, 220×140 de 6 p. avec 4 fig.). Saint-Étienne, J. Thomas et Cie, 1901 (Don de l'auteur, M. de la S.). 41421

Économie politique et sociale.

Annuaire-Chaix. Les principales Sociétés par actions. Compagnies de chemins de fer, Institutions de crédit, Banques, Sociétés minières, de transport, industrielles, Compagnies d'assurances, etc. Onzième année, 1902 (in-18, 130×120 de XVI-600 p.). Paris, Imprimerie Chaix, 1902. 41428

Tableau général du Commerce et de la Navigation. Année 1900. Premier volume. Commerce de la France avec ses colonies et les puissances étrangères (République Française. Direction générale des Douanes) (in-folio, 360×275 de 110-824 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1901. 41423

Électricité.

LURASCHI (A.). — *I Motori polifasici asincroni sistema Boucherot e loro trasformatori di avviamento* (Estratto dalla Rivista scientifica l'Elettricita di Milano. N^i^ del 21 e 28 Settembre. Anno 1901) (in-8°, 235×155 de 29 p. avec 16 fig.). Milano, Tipo-Litografia G. Abbiati, 1901 (Don de l'auteur). 41439

Enseignement.

Université libre de Bruxelles, 67e année académique. Rapport sur l'année académique 1900-1901 (in-8°, 235×155 de 137 p.). Bruxelles, Imprimerie Bruyant, Christophe et Cie, 1901. 41433

Filature et Tissage.

Sur le numérotage des fils textiles. Communications et discussions au sein de la Conférence générale des Poids et Mesures réunie à Sèvres en octobre 1901 (Extrait des Comptes rendus de la Conférence, Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures. Tome XII) (in-4° 320×245 de 8 p.). Paris, Gauthier-Villars (Don de M. Ed. Simon, M. de la S.). 41431

Géologie et Sciences naturelles diverses.

Field Columbian Museum. Publication N° 6. Report Series. Vol. 1. N° 1. Annual Report of the Director to the Board of Trustees for the year 1894-1895 (in-8°, 235×155 de 79 p.). Chicago, October 1895. 41448

Législation.

Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, Ano académico de 1901 à 1902. Nomina del Personal académico (in-8°, 155×90 de 112 p.). Barcelona, A. Lopéz Robert. 41436

Médecine. — Hygiène. — Sauvetage.

Cacheux (E.). — *Compte rendu de l'Exposition d'Hygiène, de Sécurité et de Pêche maritime d'Ostende*, par Émile Cacheux (Revue du Sauvetage en France et à l'Étranger. N° 27, janvier-février-mars 1902) (in-8°, 245×160 de 24 p.). Paris, 25, quai Saint-Michel (Don de l'auteur, M. de la S.). 41435

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

Équevilley (R. d'). — *Les bateaux sous-marins et les submersibles*, par R. d'Équevilley (Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire) (in-8°, 190×120 de 164 p. avec 22 fig.). Paris, Gauthier-Villars, Masson et Cie (Don de l'éditeur). 41426

Institute of Marine Engineers. Session 1900-1901. Twelfth Annual Volume comprising the Papers, Read and Discussion held during the session. Annual Report. Financial Statement. Catalogue of Books and Property. List of Members, obituary (in-8°, 215×130). 41429

Observations sur les cours d'eau et la pluie centralisées pendant l'année 1900 et Résumé des observations centralisées pendant l'année 1900 (Ponts et Chaussées. Service hydrométrique du bassin de la Seine) (in-folio, 430×480 de 7 pl. et in-8°, 265×170 de 48 p.). Paris. Imprimerie Nationale, 1901. Versailles, Imprimerie Aubert, 1901. 41457 et 41458

SONDEREGGER (C.). — *L'achèvement du Canal de Panama*, par C. Sonderegger (in-8°, 270×185 de IV-200 p. avec 88 fig. et 3 pl.). Paris, Ve Ch. Dunod, 1902 (Don de l'éditeur). 41450

Statistique de la Navigation intérieure. Nomenclature et conditions de navigabilité des fleuves, rivières et canaux. Relevé général du tonnage des marchandises. Année 1900. Premier volume et deuxième volume (Ministère des Travaux publics. Direction des Routes, de la Navigation et des Mines. Division de la Navigation) (2 vol. in-4°, 310×235 de 430 p. et de 285 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1901. 41441 et 41442

Périodiques divers.

Annuaire des Journaux, Revues et Publications périodiques parus à Paris jusqu'en novembre 1901, suivi d'une Table systématique et du Tarif postal pour la France et l'Étranger, publié par Henri Le Soudier. 22e *année* (in-8°, 230×140 de 340 p.). Paris, H. Le Soudier, 1902. 41427

Physique.

BROUGH (B. H.). — *The scarcity of Coal*, by Bennett H. Brough (Reprinted by Permission from the Nineteenth Century n° 278, April 1900) (in-8°, 220×140 de 8 p.). London, Waterlow and Sons (Don de l'auteur). 41440

GUILLAUME (Ch.-Ed.) et POINCARÉ (L.). — *Travaux du Congrès international de Physique réuni à Paris en 1900, sous les auspices de la Société Française de Physique*. rassemblés et publiés par Ch.-Ed. Guillaume et L. Poincaré. *Tome IV. Procès-verbaux. Annexes. Liste des Membres* (in-8°, 255×165 de 172 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1901 (Don de la Société Française de Physique). 41445

Routes.

LALLEMAND (Ch.). — *Rapport sur les travaux du Service de Nivellement général de la France en 1899 et 1900*, par M. Ch. Lallemand (Extrait des Comptes rendus des séances de la Conférence générale de l'Association géodésique internationale tenue à Paris en 1900) (in-4°, 300×235 de 31 p. avec 19 pl.). Leyde, Imprimerie ci-devant E.-J. Brill (Don de l'auteur). 41434

Sciences mathématiques.

LÉVY (Maurice). — *Eléments de cinématique et de mécanique* conformes au programme d'admission à l'École Centrale des Arts et Manufactures, par M. Maurice Lévy (in-8°, 255×165 de xx-412 p. avec 99 fig.). Paris, E. Bernard et Cie, 1902 (Don des éditeurs). 41456

Technologie générale.

Anales de la Asociacion de Ingenieros y Arquitectos de México. Tomo IX (in-8°, 235×175 de 281 p.). Mexico, Oficina Tip. de la Secretaria de Fomento, 1900. 41454

Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie. *Publication in-extenso, 1899. 12e partie, 294749 à 295796* (in-8°, 250×160). Paris, Imprimerie Nationale, 1901. 41437

EIFFEL (G.). — *La Tour Eiffel en 1900* (in-4°, 320×240 de VIII-363 p. avec 103 fig., 6 pl., 2 vues photogr., 2 grav. et 1 carte). Paris, Masson et Cie, 1902 (Don de M. G. Eiffel, M. de la S.). 41446

Exposition Universelle de Paris 1900. Section Française. Groupe XI. Classe 64. Grosse métallurgie. Budget des recettes et des dépenses. Trésorier, M. Fernand Raty (in-4°, 265×205 de 16 p.). Maubeuge, Imprimerie Émile Beugnies fils (Don de M. F. Raty, M. de la S.). 41451

MC LEAN (A.). — *Local Industries of Glasgow and the West of Scotland.* Edited by Angus Mc Lean. Published by the Local Committee for the Meeting of the British Association, Glasgow, 1901 (Don de M. le Professeur J. D. Cormack). 41425

Manuali HOEPLI, Ing. E. WEBER. — *Dizionario tecnico in quattro lingue. 1° Italiano-Tedesco-Francese-Inglese. Seconda edizione* (in-16, 150×100 de XIII-553-64 p.). Milano, Ulrico Hoepli, 1902 (Don de l'éditeur). 41444

MAUNOURY (P.). — *Exposition internationale de Glasgow 1901. Section Française. Groupe F. Papier, Papeterie, Brosserie, Maroquinerie, Tabletterie, Articles de Paris. Rapport* présenté par M. Paul Maunoury (in-8°, 275×185 de 20 p.). Paris, Comité Français des Expositions à l'étranger, 1901 (Don de l'auteur). 41438

SUPLEE (H.-H.), CUNTZ (J.-H.). — *The Engineering Index. Five years 1896-1900. Vol. III.* Edited by Henry Harrison Suplee. Assisted by J.-H. Cuntz (in-8°, 245×165 de XIV-1030 p.), New-York and London, The Engineering Magazine, 1901 (Don de M. H.-H. Supplee, M. de la S.). 41449

SUPLEE (H.-H.). — *The American Society of Mechanical Engineers in Europe, 1900*, by Henry Harrison Suplee (Presented at the Milwaukee Meeting Mai 1901 of the American Society of Mechanical Engineers and forming part of volume XXII of the Transactions, pages 1134 à 1144) (in-8°, 245×155 de 11 p.) (Don de l'auteur, M. de la S.). 41453

The Journal of the Iron and Steel Institute. Vol. LX. N° II, 1901 (in-8°, 220×140 de XII-595 p. avec 19 pl.). London, E. and F. N. Spon, 1902. 41459

Transactions of the American Society of Civil Engineers. Vol. XLVI. December 1901 (in-8°, 225×150 de VI-582 p. avec 13 pl.). New-York, Published by the Society, 1901. 41455

Travaux publics.

GAUDARD (J.). — *Croquis de ponts métalliques*, par Jules Gaudard (in-4°, 320×245 de 158 p. avec 55 pl.). Paris, Ch. Béranger (Don de l'auteur). 41430

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de janvier 1902, sont :

Comme Membres Sociétaires, MM. :

R. ALGRIN,	présenté par MM.	D.-A. Casalonga, D. Casalonga, Ronceray.
A. AUCLAIR,	—	Mesureur, Bonvillain, Ducloux.
A.-L.-E. BASTEAU,	—	Lafon, Lanore, Lavoix.
Ch.-H.-M. BELANGER,	—	Baudry. Chandelier. Germon.
Ch.-H. CLAUDEL,	—	de Baecker, L'Hermite, Roulleau.
P.-E.-F. GONTIER,	—	Commandeur, Gardel, Sohm.
M.-M. GORRY,	—	Billaud, L'Hermite, Roulleau.
Ch. HALLER,	—	Mesureur, Bonvillain, Ducloux.
P.-Ch.-A. HÉBERT,	—	Bernard, Julien, Portet.
F. LARY,	—	Mesureur, Bonvillain, Ducloux.
J.-P.-E. LIET,	—	de Baecker, L'Hermite, Roulleau.
H.-C. MORAND,	—	Delmas, Fischer, P. Morand.
H. NEUBURGER,	—	Blazy, Hugon, Lippmann.
F. PORTAL,	—	Huguenot, Lacaze, Laurain.
M.-H. ROBINSON,	—	Chapman, Vaslin, G. Richard.
E.-E. VATON,	—	Bonneville, Cathelin, Veyron,
J.-P. VIGNES,	—	Mesureur, Joubert, Limousin.
A.-G.-G. WAELES,	—	Nativelle, Piat, Thomas.

Comme Membres Associés, MM. :

A. BROCHARD,	présenté par MM.	Baudry, Mesureur, Arbel.
L.-A. COINDET,	—	Mesureur, Arbel, de Dax.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JANVIER 1902

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 10 JANVIER 1902

Présidence de M. Ch. Baudry, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

M. Ch. Baudry, Président sortant, prononce le discours suivant :

Mes chers Collègues,

Parvenu au terme de ma présidence, je suis heureux de me conformer à la tradition en faisant avec vous un retour en arrière pour résumer notre année de collaboration. Après les brillantes années qui l'ont précédée, après 1897 année d'inauguration de notre bel hôtel; après 1898 année du cinquantenaire de notre Société; après 1900 année de l'Exposition Universelle et rendez-vous à Paris des Ingénieurs du monde entier, 1901 ne pouvait être qu'une année de recueillement et de travail. Mais, si elle n'a pas brillé, comme ses devancières, par l'éclat des réceptions et des fêtes, elle n'a rien à leur envier pour la variété, l'importance et la valeur des communications et des discussions qui ont animé ses séances, ainsi que des mémoires qui ont été publiés dans ses bulletins.

Je me propose de passer rapidement en revue les principaux de ces travaux techniques qui font l'honneur de notre Société; mais, auparavant, j'ai un pieux devoir à remplir, en donnant une pensée à ceux de nos Collègues, trop nombreux hélas! que la mort a frappés dans l'année. Je rappelle ici leurs noms; ils ne sont pas moins de 65 :

L. Astruc;

E. Badois, H. Barbier, P.-E. Battarel, J.-F. Berendorf, A.-P. Billiant, A.-F. Birlé, J.-V. Blanleuil, P.-A. C. Blétry, A. de Boischeva-

lier, N.-A. Bonnefond, L.-G. Bordes, E. Bouhey, F.-Ch. Brauer, L.-H. Brivet, A. Brocchi;

E. Caplen, P. Chalmeton, A. Chevalier, Ch. Claudel, E. Congy;

A.-L. Deghilage, G.-E. Degouet, E.-N.-F. Delamare-Deboutteville, J.-H. Digeon, E. Douziech, M. Durieux;

L. Edeline, baron Engerth;

J.-A. Faliès, H. de Fontbonne, L.-A. Fortin-Herrmann;

A. Gatget, L. Genès, J. Grelley, Pierre-Paul Guéroult, Ch. Guntz;

H. Hervegh;

E.-A. Jousset;

E. Lafontaine, G.-G. Lanier, A. Laurent, R.-Ch.-P. Le Roy Des Closages, J. Lescasse, J.-A. de Lignières-Lenfumé;

L.-J. Maglin, A. Maroquin, S. Maximovitch, L.-E. Meunier, C. Milinaire;

J.-G. Pauchon, L. Paupier, A.-A. Pernin, Ch.-F. Pierron;

J. Rousseau, P.-P. Ruchonnet;

H.-R.-Y. de Seprès, L.-H.-M. de Somzée;

L.-A. Thuillier;

Jules-C. Urban;

M. Vaïsse, L.-L. Vauthier, E. Viguerie;

Ch. Walrand, E.-A. Wittmann.

En annonçant ces pertes douloureuses au commencement de chaque séance, nous avons rappelé les principaux traits de la carrière de nos Collègues disparus et nous avons adressé à leurs familles l'expression de notre douloureuse sympathie. Je la renouvelle aujourd'hui à tous, au nom de notre Société. Permettez-moi, cependant, de donner un souvenir spécial à Ed. Badois que la mort a frappé au moment où il venait d'accomplir sa quatrième année de vice-présidence. En rendant hommage, sur sa tombe, à ses grandes qualités, à sa carrière d'honneur et de travail, votre Président a été l'interprète de tous ceux qui avaient connu notre Collègue et il a acquitté une dette de notre Société envers un vice-président qui avait pris une très grande et très utile part à ses travaux et à son administration *(Applaudissements.)*

Je dois aussi une mention particulière à notre Collègue J.-A. Faliès qui a fait à notre Société un legs de 5 000 *f*. C'est une marque de sympathie dont nous ne saurions être trop vivement touchés. J'adresse à la famille de notre regretté Collègue l'expression de notre gratitude.

De nouvelles adhésions sont venues, sans faire oublier nos pertes, combler, et au delà, les vides qu'elles avaient laissés dans nos rangs. Du 1er décembre 1900 au 30 novembre 1901, fin de l'exercice, vous avez admis :

4 membres honoraires, 146 membres sociétaires, 19 membres associés, et vous avez réadmis 3 membres; ce qui fait un total de 172 admissions;

Si on en défalque les pertes par décès, démissions et radiations, il reste une augmentation de 53 membres qui porte l'effectif de la Société à 3 691 au 30 novembre 1901. L'augmentation avait été plus grande pendant les exercices précédents. Il ne faut pas trop s'en étonner ni

s'en alarmer; car nous pouvions difficilement échapper au contre-coup du malaise dont souffre actuellement l'industrie, et éviter un certain ralentissement dans les progrès rapides que notre Société n'a cessé de faire depuis son installation dans son nouvel hôtel et que l'Exposition Universelle de 1900 a encore favorisés. Nous ne devons pas toutefois nous endormir dans une trop grande sécurité; et il ne faut rien négliger de ce qui peut nous procurer dans l'avenir un recrutement aussi nombreux que choisi.

Notre dévoué et sympathique trésorier, M. L. de Chasseloup-Laubat, a déjà attiré votre attention sur ce point, dans la dernière séance. Il vous a, de plus, signalé une lourde charge qui pèse aujourd'hui sur notre budget, celle des impôts qui, depuis 1898, ont passé de 5 981 à 13 145 *f*. Il a néanmoins pu constater que notre situation financière était bonne, et que notre avoir s'était augmenté au cours de l'exercice de 23 256 *f*. Cela l'aurait porté au total de 763 626,95 *f* si par une mesure de prudente administration vous n'aviez décidé de passer immédiatement par le compte « profits et pertes » une somme de 164 853,21 *f*, en vue de ramener dans vos écritures la valeur de votre hôtel à un chiffre plus voisin de sa valeur vénale.

Dans cet avoir ne sont pas compris le legs Faliès ni les legs suivants, qui se rapportent à des exercices antérieurs, mais que les formalités administratives à remplir ne nous ont pas encore permis de réaliser :

Legs E. Vlasto	5 000 *f*
— P.-A.-J. Hunebelle	30 000
— Henri Schneider	160 000
qui ajoutés aux	5 000
du legs J.-A. Faliès forment un total de	200 000 *f*

Dans l'Assemblée générale du 19 décembre dernier, vous vous êtes unanimement associés aux remerciements que j'ai adressés à notre Trésorier pour le dévouement et la prudence avec laquelle il gère nos intérêts depuis cinq ans. Je les lui renouvelle aujourd'hui de tout cœur.

A côté des legs importants que je viens de rappeler, notre Société a reçu cette année, comme les années précédentes, un certain nombre de dons, qui doivent nous toucher non seulement par leur valeur matérielle, mais encore et surtout par la sympathie et l'estime qu'ils témoignent de la part de leurs auteurs pour notre Société. Elle a ainsi reçu de :

MM. Ch. Pelletier	10 *f*
Anonyme	14
G. Fiévé	28
A. Collot	39
G.-H. Fruchard	50
E. Maillebiau	50
R. Grosdidier	64
G. Canet	151,20 *f*

J'adresse à ces généreux donateurs nos sincères remerciements. *(Applaudissements.)*

Nous aimons à constater, chaque année, les distinctions honorifiques accordées à nos Collègues, en France et à l'étranger, les prix et médailles qu'ils ont reçus de l'Académie des Sciences et de diverses Sociétés techniques, leurs nominations dans les Commissions, Comités et Conseils du Gouvernement. Mais le nombre en est devenu si grand qu'il ne serait plus possible de les rappeler ici en détail sans fatiguer votre attention. Toutes ces distinctions et nominations ont déjà été annoncées en séance ; vous en trouverez l'énumération dans une annexe au procès-verbal d'aujourd'hui (1).

Pour ne parler que des décorations françaises, nous sommes fiers d'y enregistrer, dans la Légion d'honneur :

2 croix de commandeurs;
21 croix d'officiers;
49 croix de chevaliers.

Et en outre :

19 palmes d'officiers de l'Instruction publique;
73 palmes d'officiers d'Académie;
5 croix de commandeurs du Mérite agricole;
5 croix d'officiers du Mérite agricole;
7 croix de chevaliers du Mérite agricole.

Vous pourrez y remarquer également les nominations de M. Ménard Saint-Yves comme membre de l'Académie de Médecine, et de M. J.-A. Normand comme membre correspondant de l'Académie des Sciences.

De son côté, notre Société a décerné, en 1901, trois de ses récompenses périodiques : le Prix Annuel, le Prix Michel Alcan et le Prix François Coignet.

Le Prix Annuel, destiné à l'auteur du meilleur mémoire déposé avant le 31 décembre de chaque année, a été décerné à M. E. Hubou, pour son mémoire sur *le Noir d'acétylène et ses dérivés*.

Le Prix Michel Alcan, triennal, et destiné au meilleur mémoire remis par l'un des Membres sociétaires ou associés reçus au cours de la période triennale, immédiatement antérieure à l'exercice où le prix vient à échéance, a été décerné à M. P. Gautier, pour sa communication sur *le Grand sidérostat de 1900*.

Enfin, le Prix François Coignet, également triennal, et destiné au meilleur mémoire présenté à la Société dans une de ses sections désignée trois ans à l'avance, a été décerné à M. E. Barbet pour son mémoire sur *l'Alcool et les eaux-de-vie*.

J'ai été très heureux de féliciter nos lauréats dans la séance du 21 juin où je leur ai remis leurs médailles. Je leur renouvelle ici mes félicitations.

Les travaux de notre Société, en 1901, ont été très variés. Je vous les rappellerai sommairement, en les groupant d'après celles de nos cinq sections réglementaires auxquelles ils se rapportent.

(1) Voir page 32 et suivantes.

Ire SECTION

Travaux publics, Constructions particulières, Chemins de fer, Navigation, etc.

M. A. Garcia a présenté, dans la séance du 19 avril, un important mémoire sur *l'Utilisation des forces motrices du Haut-Rhône*, mémoire qui a été publié dans le Bulletin d'avril, et qui a donné lieu à des observations de MM. F. Bonnefond et E. Carbonel.

M. J.-H. Delaunay nous a entretenus, le 1er février, du *Canal des Pangalanes à Madagascar*.

M. A. Casse a publié, dans le Bulletin de septembre, une note sur un *Nouveau système de fondations pour terrains sablonneux et aquifères*.

Passant aux **Chemins de fer**, je rencontre d'abord le mémoire de M. H. Besson sur *la Conservation des bois par le procédé Rütgers*, qui a été publié dans le Bulletin de mai et qui, présenté par l'auteur dans la séance du 19 juillet, a donné lieu à d'intéressantes observations de M. J. Merklen.

Après avoir mentionné les renseignements fournis par M. Courau, dans la séance du 3 mai, sur *les Traverses de chemins de fer en bois de Québracho*, j'arrive à l'exposé fait par M. Auguste Moreau, dans la séance du 6 décembre, de *la Situation des chemins de fer aux Indes Néerlandaises*, exposé qui peut servir de point de départ à une discussion des plus intéressantes sur la construction et l'exploitation des chemins de fer dans les pays neufs.

Enfin, nous avons entendu, le 21 juin, la magistrale communication dans laquelle M. Sylvain Périssé, à l'occasion de *la Chute, par gauchissement, d'un pont démontable*, a rappelé les formules présentées par lui vingt ans auparavant à notre Société, et applicables aux cas de ce genre, et en a montré la confirmation par les circonstances de l'accident constaté.

En ce qui concerne la **Navigation**, M. L. de Chasseloup-Laubat a rendu compte, dans la séance du 12 avril, du *Congrès de l'architecture navale en 1900*, et ses appréciations ont donné lieu à un échange de lettres des plus intéressantes, qui ont été lues dans la séance du 3 mai, entre MM. J.-A. Niclausse, L. de Chasseloup-Laubat et Dugé de Bernonville, au sujet des conclusions à tirer des expériences faites sur la vaporisation dans les différentes rangées de tubes d'une chaudière genre Niclausse.

Dans la séance du 8 novembre, M. E. Duchesne a développé des idées originales sur *la Recherche de l'insubmersibilité des grands navires d'acier*. Sa communication a amené successivement à la tribune MM. Heryngfet, P. Regnard, L. de Chasseloup-Laubat, ainsi que notre nouveau membre honoraire, M. le Directeur du Génie maritime Bertin. Sur la demande de M. L. de Chasseloup-Laubat, ce dernier nous a fait espérer une communication sur l'application, aux navires de commerce, des idées dont il s'est fait l'initiateur pour les bâtiments de combat, en vue d'assurer autant que possible leur insubmersibilité. Votre bureau ne manquera certainement pas de lui rappeler cette promesse en temps utile.

Nous ne nous sommes pas seulement occupés de navigation maritime; la **Navigation aérienne** a été aussi l'objet de nos discussions. Et comment aurait-il pu en être autrement au lendemain de la tentative hardie et couronnée de succès de M. Santos-Dumont? Notre Collègue, M. J. Armengaud jeune nous a apporté, dans la séance du 23 novembre, une étude, aussi enthousiaste que savante, des prouesses du jeune et brillant aéronaute. Il a rencontré de non moins savants contradicteurs dans les personnes de MM. Surcouf et Soreau, et, de la discussion mouvementée qui s'en est suivie, on a pu emporter la convictien que. si la direction des ballons n'a pas encore fait un pas décisif depuis les fameuses expériences de MM. Renard et Krebs, elle est à la veille d'en faire un, grâce aux moteurs ultra-légers à mélange tonnant, qu'on sait construire aujourd'hui, et qu'a employés M. Santos-Dumont. Chacun, d'ailleurs, dans cette enceinte, tout en discutant la valeur comparative des résultats obtenus, en 1884 et 1885 par MM. Renard et Krebs et, en 1901 par M. Santos-Dumont, a rendu hommage aussi bien aux savants travaux par lesquels les premiers ont fixé et appliqué avec succès les règles de l'architecture du ballon dirigeable qu'à l'entrain et à l'habileté avec lesquels le second a réveillé d'un sommeil de seize ans la solution pratique indiquée par les officiers de Chalais et donné un nouvel essor à la locomotion aérienne. *(Très bien! — Applaudissements.)*

Depuis la séance du 22 novembre, nous avons reçu plusieurs lettres de MM. G. de Chasseloup-Laubat, A. de Bruignac, Carlos Sampaio sur le même sujet, qui ne paraît pas épuisé, et que vous aurez sans doute prochainement à remettre à votre ordre du jour.

Enfin, à la 1re section se rattache encore la communication que M. D.-A. Casalonga a faite, dans la séance du 6 décembre, sur *une Nouvelle application, qu'il propose, des plates-formes roulantes à traction électrique, pour le transport des voyageurs dans Paris, particulièrement de la place de la Concorde à celle de la Bastille sous les grands boulevards.*

IIe SECTION

Mécanique et ses applications, Locomotives, Chaudières et Machines à vapeur, etc.

Le Bulletin de janvier a été presque exclusivement consacré à cette section. Après le discours de votre nouveau Président, qui vous a entretenus des progrès de la locomotive à vapeur depuis l'Exposition de 1889, on y trouve deux mémoires considérables, l'un de M. Charles Bourdon sur *les Installations générales du service mécanique*, que notre Collègue a si brillamment dirigé à l'Exposition universelle de 1900, et l'autre, de M. Ch. Compère, sur *les Chaudières et les machines à la même Exposition.* L'année 1901 ne pouvait souhaiter un plus riche legs de sa devancière que ces deux mémcires sur l'Exposition.

En ce qui concerne les chaudières, M. Ch. Grille a présenté, en collaboration avec M. L. Solignac, dans la séance du 13 avril, *un Système de nettoyage instantané et sans arrêt de leur chaudière à vapeur.*

En ce qui concerne les machines à vapeur, M. F. Fouché a décrit,

dans la séance du 4 octobre, *l'Installation d'un aéro-condenseur de 4 500 ch* qu'il vient de construire pour une importante station centrale d'électricité, à Kalgoorlie, ville de l'Australie occidentale où l'eau est très rare et très chère.

Mais les sujets qui, dans la 2e section, ont le plus longtemps retenu notre attention sont, d'une part, les automobiles et, de l'autre, les moteurs à alcool.

Nous avons d'abord consacré deux matinées de février à visiter l'Exposition d'automobiles organisée au Grand-Palais des Champs-Elysées par l'Automobile-Club de France. M. Jeantaud nous y a présenté les *Voitures électriques* et M. G. Forestier les *Châssis des voitures automobiles*.

Puis, dans trois séances consécutives, M. G. Forestier nous a entretenus des automobiles.

Le 1er février, il a parlé de la *Voiture automobile de course* à la fin de 1900, d'après des notes préparées par M. G. de Chasseloup-Laubat. Parmi la multitude des variétés de forme extérieure des voitures exposées au Grand Palais, « un seul groupe, disait-il, a un type qu'on reconnait à » première vue. Toutes les voitures de course semblent être coulées dans » le même moule extérieur. Si l'on étudie leurs dispositifs, on voit que » chaque organe tend vers un type robuste et simple ». Et prenant l'un après l'autre chacun de ses organes, notre savant conférencier en a discuté les conditions d'établissement et décrit les derniers perfectionnements. Il a terminé par un rapide historique des voitures de course dans lequel il a fait ressortir, par des chiffres, la tendance continue et progressive à l'augmentation de la vitesse de la voiture et de la puissance du moteur.

Dans la séance suivante, M. G. Forestier a rendu compte des *Concours de motocycles, voiturettes et voitures de tourisme en 1900*.

Enfin le 1er mars, il a rendu compte des *Concours d'automobilisme industriel*, et il y a ajouté les renseignements les plus intéressants sur la manière dont les chaussées se comportent sous le passage régulier des lourds véhicules à vapeur automobiles ou remorqueurs. Des observations faites dans cinq départements, où des services réguliers ont fonctionné assez longtemps pour que leur influence sur les chaussées ait pu être étudiée, il résulte que le nouveau mode de charroi exige pour les chaussées des dépenses de construction et des frais d'entretien plus élevés. « Il faut, » disait en terminant M. Forestier, que tous ceux qui s'intéressent à la » traction mécanique sur routes sollicitent le Parlement et obtiennent » qu'il accorde les crédits supplémentaires nécessaires pour assainir » toutes les parties de chaussées empierrées établies sur des sous-sols » argileux et humides, ainsi que pour donner à l'empierrement une lar- » geur et une épaisseur suffisante. En attendant, nous devons engager » les entrepreneurs de transports automobiles à limiter à 5 *km* à l'heure » la vitesse des camions automoteurs portant 5 *t* sur un essieu, et à re- » noncer aux wagons remorqués, s'ils ne veulent pas s'exposer à rester » en panne dans les ornières creusées par leurs roues, au moins pendant » la mauvaise saison. Quant aux transports rapides de 12 à 15 *km* à » l'heure, ils ne semblent pouvoir être assurés que par des omnibus

» dont le poids ne dépasse pas 3 500 *kg* en charge comme les anciennes » diligences ».

La question des automobiles a été de nouveau portée à notre ordre du jour le 17 mai où M. Arnoux a proposé une *Formule nouvelle pour le classement rationnel des concurrents dans les concours d'automobiles* et discuté les *Dispositifs à adopter pour divers organes des automobiles*. Cette communication a été suivie d'une discussion.

Enfin, nous nous sommes encore incidemment, mais très sérieusement, occupé d'automobiles à l'occasion des moteurs à alcool.

La question des *Emplois industriels de l'alcool* est trop intimement liée à la prospérité de l'agriculture nationale pour que nous ayons pu nous en désintéresser. Notre secrétaire, M. L. Périssé, nous en a fait, dans la séance du 5 juillet, l'exposé le plus complet, à la suite duquel MM. Armengaud jeune, Arachequesne, A. Lecomte, P. Manaut et G. Chauveau ont présenté diverses observations.

Dans la séance du 6 décembre, le même orateur nous a présenté l'analyse du rapport de M. Sidersky, secrétaire et chimiste-conseil du syndicat de la distillerie agricole, sur *les Emplois industriels de l'alcool à l'exposition agricole de Halle-sur-Saale (Allemagne)*.

Enfin quand, au mois de novembre dernier, M. le Ministre de l'Agriculture a organisé un *Concours et une exposition des moteurs et appareils utilisant l'alcool dénaturé*, notre Société a consacré une matinée à la visite de l'Exposition, où des conférences ont été faites, sur les moteurs fixes par M. Ringelmann, Professeur à l'Institut National agronomique, directeur de la station d'essai des machines agricoles, sur les moteurs automobiles par M. le Comte de La Valette, Ingénieur des Mines, et sur les appareils d'éclairage et de chauffage par notre Collègue M. Arachequesne, secrétaire général de l'association pour l'emploi industriel de l'alcool. Notre bulletin de décembre contient un résumé de la Conférence de M. Ringelmann.

IIIe SECTION

Mines et Métallurgie, Travaux géologiques, Sondages, etc.

Notre séance du 3 mai a été presque entièrement consacrée à la très importante et très actuelle question de l'*Utilisation des gaz des hauts fourneaux*. M. J. Deschamps en a fait un exposé très complet qui a été imprimé dans le Bulletin de juillet; MM. A. Dutreux, E. Demenge, E. Cahen-Strauss et A. Lencauchez sont venus y ajouter leurs renseignements personnels; enfin MM. E. Cornuault, D.-A. Casalonga, R. Soreau et L. Roman ont pris part à la discussion qui a eu toute l'ampleur que comportait le sujet.

Dans la séance du 21 juin, M. Clausel de Coussergues a présenté, avec beaucoup de compétence, un mémoire sur *Quelques modifications apportées dans ces dernières années au four Martin*. Cette communication a provoqué l'intervention de M. A. Lencauchez qui a développé dans une note publiée dans le Bulletin de septembre les observations qu'il avait présentées en séance.

A trois reprises différentes, nous avons entendu des Collègues revenant de pays lointains nous renseigner sur la métallurgie ou les mines de ces pays.

Le 17 mai, M. A. Gouvy nous a parlé de la *Sidérurgie dans l'Oural Méridional.*

Le 5 juillet, M. Ch. Vattier nous a exposé la *Situation minière et métallurgique du Chili et autres pays de l'Amérique du Sud.*

Enfin le même conférencier nous a entretenus, le 8 novembre, de la *Métallurgie, les Mines et l'Électricité à l'Exposition de Buffalo et dans la région nord-est des États-Unis et du Canada.*

Ces trois communications ont été insérées respectivement dans les Bulletins de mai, septembre et novembre.

Il y a un dernier sujet qui, dans la troisième section, est revenu plusieurs fois, soit au bulletin, soit en séance, qui a soulevé de vives discussions, et qui n'est pas épuisé, c'est celui des *Méthodes d'essai des métaux et particulièrement des aciers.*

Le Bulletin de février a d'abord publié une note de M. S. Heryngfet, dans laquelle notre Collègue comparait, en les discutant, les *Essais officiels de réception des aciers à canon en France et aux États-Unis.*

Le Bulletin d'avril a publié ensuite une note de M. J. Barba sur *Quelques expériences de flexion par choc sur barreaux entaillés* exécutées dans les ateliers de la Compagnie des Chemins de fer de l'Est.

Enfin, M. G. Charpy a inséré dans le Bulletin de juin et présenté dans la séance du 19 juin une note plus générale sur l'*Essai des matériaux à la flexion par choc de barreaux entaillés.* Cette présentation a été suivie d'une discussion importante et animée à laquelle ont pris part, non seulement nos Collègues MM. L. Salomon, P. Bodin et L. Baclé, mais encore nos éminents invités MM. H. Le Chatelier, Résal et Aug. Mesnager. Malgré cette discussion, malgré les lettres de MM. A. Pourcel et H. Brustlein, qui l'ont suivie, la question n'est pas vidée, et elle a un tel intérêt pour les métallurgistes comme pour les constructeurs qu'elle ne peut manquer de revenir bientôt à votre ordre du jour.

Elle y est, du reste, déjà revenue incidemment à l'occasion du *Congrès tenu à Buda-Pesth* par l'Association Internationale pour l'essai des matériaux. Nos Collègues MM. E. Le Blant et E. Candlot, qui avaient pris part à ce Congrès, ont bien voulu nous en rendre compte, le premier pour la section des métaux et le second pour celle des ciments. La question des essais de flexion par choc de barreaux entaillés a naturellement tenu une grande place dans le compte rendu de M. Le Blant, comme elle l'avait fait au Congrès, et elle a provoqué des observations de M. P. Arbel, auxquelles M. H. Le Chatelier a répondu dans une séance ultérieure. Vous vous rappelez certainement l'objet de la discussion entre ces deux Ingénieurs, et j'espère que vous serez d'accord avec moi pour demander, avec M. P. Arbel, qu'aucune intervention administrative ne vienne imposer prématurément un mode d'essai sur la signification duquel on est encore incomplètement édifié, et, pour espérer, avec M. H. Le Chatelier, que, grâce aux expériences méthodiques auxquelles on procède en ce moment, on arrivera rapidement à faire la lumière à ce sujet, et qu'on trouvera dans le nouveau mode

d'essai le critérium réclamé par les constructeurs pour se garantir contre la fragilité des aciers. Quand on en sera là il n'y aura pas besoin d'intervention administrative pour l'imposer, il s'imposera de lui-même. *(Applaudissements.)*

IVe SECTION

Physique et chimie industrielles, Chauffage et ventilation, Divers.

L'alimentation des villes, et notamment de la ville de Paris, en eaux de source de bonne qualité, a fait l'objet de deux importantes communications.

Le 15 février M. P. Marboutin nous a exposé une *Nouvelle méthode d'étude des eaux de source*, et, le 15 mars, M. F. Bhard a résumé devant nous, avec sa grande compétence, les *Travaux de la Commission scientifique de Montsouris pendant les années 1899 et 1900 sur les eaux de l'Avre et de la Vanne*. Cette communication a provoqué une intéressante discussion à laquelle ont pris part MM. Georges Marié, F. Marboutin, P. Regnard, G. Richou et J. Bergeron.

Le 19 avril, M. P. Besson nous a entretenus des *Nouveaux métaux, polonium, radium, actinium*, découverts par M. et Mme Curie et par M. Debierne. Il a pu, grâce à l'obligeance avec laquelle M. et Mme Curie ont mis leurs instruments à sa disposition, nous montrer leurs curieuses propriétés de luminosité et de fluorescence. L'hypothèse qu'il a cru pouvoir émettre pour expliquer ces propriétés a été l'origine d'un échange de vues des plus élevées entre lui, M. le Vice-Président Couriot, qui présidait la séance, et MM. E. Commelin, D.-A. Casalonga et E. Hubou. De plus, cette communication et la discussion qui l'a suivie nous ont valu deux lettres des plus intéressantes, l'une de M. J.-F. Pillet exhumant une vieille observation de l'abbé Nollet sur un phénomène qui paraît se rattacher aux nouveaux rayons de Roentgen ou de Becquerel, et l'autre de M. René Benoit, Directeur du Bureau international des Poids et Mesures, donnant, sur l'état du prototype métrique et sur l'efficacité des mesures prises en vue de le soustraire aux variations du temps, les renseignements les plus précis et les plus rassurants.

Sous ce titre, *l'Oxygène industriel*, M. Raoul Pictet nous a fait, le 5 juillet, une brillante conférence sur son procédé de fabrication industrielle de l'oxygène au moyen de l'air liquide.

Enfin, le 6 décembre, la question des emplois industriels de l'alcool, dont nous avons déjà parlé à propos de la 2e section, a reparu dans la 4e, sous la forme d'un exposé fait par M. L. Denayrouze, à l'occasion de l'exposition du Grand Palais, sur *les Progrès réalisés dans les applications industrielles de l'alcool (éclairage)*

Dans la 4e section prennent rang, sous la rubrique **Divers**, les travaux qui ne rentrent nettement dans le cadre d'aucune des autres sections et ceux qui, par leur généralité, s'appliquent à toutes. Parmi ces derniers, je dois une mention toute particulière au magistral mémoire de

M. R. Soreau, sur la *Nomographie*, qui remplit à lui seul notre *Bulleitn* d'août.

Dans la même catégorie, il faut ranger la communication de M. E. Bert sur *les Récentes modifications apportées à la législation française en ce qui concerne les Brevets d'invention* et les importantes observations auxquelles elle a donné lieu de la part de MM. A. Lavoix, Armengaud jeune, P. Regnard et D.-A. Casalonga.

Nous avons enfin entendu, le 5 juillet, une intéressante conférence de M. E. Laurent sur les *Appareils servant à l'anthropométrie et à la photographie judiciaires* et, le 22 novembre, le compte rendu, par M. P. Regnard, du *Congrès international d'Ingénieurs, à Glasgow.*

Ve SECTION

Électricité.

Je suis obligé de reconnaître que les travaux de notre 5e section ont été beaucoup moins nombreux et moins importants que ceux des quatre autres. Je vous en dirai tout à l'heure la cause. Mais il serait injuste de ne pas donner les éloges qu'ils méritent, aux trois mémoires présentés dans cette section :

Résonateur Oudin bipolaire et la télégraphie sans fils, par M. O. Rochefort ;

Conjoncteur-disjoncteur employé en électricité pour la charge des accumulateurs ou la mise en parallèle des dynamos, par M. G. Fiévé ;

Les Usines électriques du chemin de fer du Fayet à Chamonix, par M. E. Javaux.

Je ne saurais terminer cette revue des travaux intérieurs de notre Société sans vous rappeler que notre Bulletin mensuel, dans lequel restent consignés les procès-verbaux de nos séances et sont imprimés les mémoires présentés, est magistralement complété par la *Chronique* et les *Comptes rendus* de notre Collègue M. A. Mallet. Il y a aujourd'hui vingt-deux ans que, sur la proposition de notre regretté Président Gottschalk, cette mission lui a été confiée. Il la remplit si bien que vous serez tous d'accord avec moi pour souhaiter qu'il veuille bien continuer longtemps encore à la remplir. *(Vifs applaudissements.)*

Si, en 1901, notre Société a travaillé chez elle aussi fructueusement que les années précédentes, elle a naturellement eu moins d'occasions qu'en 1900, année de l'Exposition, d'exercer son activité au dehors.

J'ai pourtant déjà eu à vous rappeler trois conférences-visites, aux deux Expositions des automobiles et des appareils utilisant l'alcool dénaturé.

Nous avons fait une autre très intéressante visite à l'usine de produits céramiques de MM. Gilardoni, Brault et Cie, à Choisy-le-Roi.

La Société s'est, d'autre part, fait représenter officiellement à la réunion de la Société Suisse des Ingénieurs et Architectes, qui s'est tenue à Fribourg, les 25 et 26 août, et au Congrès international des Ingénieurs, qui s'est tenu à Glasgow, du 3 au 6 septembre.

M. A. Mallet a rendu compte de la première réunion dans la chronique d'octobre, et M. P. Regnard, du Congrès de Glasgow, dans la séance du 22 novembre.

Enfin, elle a été représentee par son Président dans le Conseil d'administration du Conservatoire national des Arts et Métiers auquel elle a donné cette année, comme l'année dernière, une subvention de 3 000 f pour la création de son laboratoire d'essais.

Permettez-moi de rappeler, mes chers Collègues, que c'est dans notre Société qu'a pris naissance la pensée de créer ce laboratoire au Conservatoire des Arts et Métiers.

En 1897, sollicités d'émettre un avis favorable à la création, par l'administration des Ponts et Chaussées, d'un laboratoire national d'essais des matériaux, vous vous êtes prononcés pour la très grande utilité d'un laboratoire de ce genre; mais, ne trouvant pas que le projet dont vous étiez saisis répondit suffisamment aux besoins de l'industrie, vous avez, dans la séance du 2 juillet, nommé une Commission de cinq membres chargée d'étudier dans quelles conditions devait être organisé ce laboratoire pour rendre le maximum de services à l'industrie. C'est dans cette Commission, dont j'avais l'honneur de faire partie, que, dès le 6 octobre 1897, le rattachement du laboratoire au Conservatoire a été proposé, et dès cette époque des pourparlers ont été entamés par notre Société avec l'administration du Conservatoire pour atteindre ce but. Ces pourparlers ont été plusieurs fois interrompus et repris. Le Conservatoire n'ayant pas à cette époque la personnalité civile, notre Société avait offert son concours pour la gestion aussi bien financière que technique du laboratoire projeté ; un projet de convention dans ce sens avait même été soumis à M. le Ministre du Commerce et nous avons pu croire, un moment, qu'il allait être accepté. La loi de finances du 13 avril 1900, en investissant le Conservatoire de la personnalité civile, a rendu notre intervention inutile et a permis de confier directement à notre grand établissement national la création et la gestion du laboratoire d'essais. Nous ne pouvons qu'applaudir à cette solution qui sauvegarde tous les intérêts de l'industrie et être reconnaissants envers M. le Ministre du Commerce de n'avoir pas oublié l'initiative de notre Société et d'avoir compris son Président parmi les membres de droit du Conseil d'administration du Conservatoire réorganisé. *(Applaudissements.)*

Après une année de collaboration dans ce Conseil, je suis heureux de pouvoir vous dire que je me suis trouvé en parfaite communauté de vues avec la Direction du Conservatoire, avec le Conseil d'administration et avec son éminent Président, M. Léon Bourgeois, et que, tous, nous avons travaillé de tout cœur en vue de l'industrie, et pour que le laboratoire lui rende le plus tôt possible le plus de services possible. Espérons que le formalisme administratif, qui a arrêté pendant plusieurs mois cette année la construction des nouveaux bâtiments destinés au laboratoire, ne viendra pas entraver de nouveau les progrès de la nouvelle et si utile institution.

L'exposé, le trop long exposé que vous venez d'entendre, mes chers Collègues, j'ai dû, pour le préparer, faire un examen de conscience ou

plutôt l'examen de conscience de notre Société, en relisant ou en parcourant tout au moins la collection de nos bulletins. J'ai emporté de cette lecture une impression réconfortante, et c'est pour essayer de vous la faire partager que je suis entré dans des détails, un peu longs peut-être, sur nos travaux de l'année. Oui, notre Société est toujours bien vivante, toujours active et féconde, et nous pouvons avoir toute confiance dans son avenir.

Quelques-uns d'entre nous, je le sais, se préoccupent beaucoup de la concurrence que peuvent lui faire les Sociétés plus spécialisées qui naissent et se développent chaque jour autour de nous, et qui, par leur spécialisation même, attirent à elles les travaux de leurs spécialités respectives. Ils craignent que notre Société, avec son programme plus compréhensif, se laisse affamer peu à peu, et ne reçoive plus que les travaux qui n'auront pu rentrer dans les cadres des Sociétés de spécialistes. C'est un danger, je le reconnais, et nous ne devons pas le négliger ; mais je n'en suis pas très inquiet, et cela, pour deux raisons :

La première, c'est que l'étendue de notre champ d'action, si elle est parfois une cause de faiblesse, est plus souvent encore une force. Les exigences du labeur quotidien, qui tendent à spécialiser l'Ingénieur, limiteraient outre mesure son horizon s'il ne venait, dans une Société comme la nôtre, se mêler à des Collègues d'autres spécialités, s'intéresser à leurs travaux, et y trouver souvent l'idée d'heureuses applications à sa propre industrie. Y a-t-il, d'ailleurs, une seule spécialité qui puisse vivre séparée des autres et sans leur faire des emprunts quotidiens? Comment le constructeur ou le mécanicien pourrait-il se désintéresser de la métallurgie à laquelle il emprunte ses matériaux les plus délicats? Comment le métallurgiste, pourrait-il négliger les progrès des machines motrices à gaz ou à vapeur? Comment les uns et les autres pourraient-ils se dispenser de se tenir au courant des ressources chaque jour plus étendues que leur offre l'électricité? Et comment l'électricien, à son tour, pourrait-il ne pas rechercher dans les diverses branches d'industrie l'utilisation de ces précieuses ressources?

La seconde raison qui m'empêche d'être inquiet de la concurrence des Sociétés de spécialistes, je la trouve dans le Règlement que nous ont légué les fondateurs de notre Société ; c'est la division de notre Comité en sections. Grâce à cette division, chacune des sections peut fonctionner comme le Comité d'une Société de spécialistes et attirer à elle les travaux de sa spécialité, de sorte que nous pouvons trouver à la fois, dans notre Société, les avantages de la spécialisation et ceux du contact avec les Ingénieurs de toutes spécialités. *(Bravo ! Bravo ! — Applaudissements.)*

Mais pour que nous profitions ainsi des sages dispositions de notre Règlement, il faut donner à nos sections une activité individuelle plus grande que nous ne l'avons fait jusqu'ici, et pour y arriver, il me paraît indispensable d'apporter une légère modification à nos statuts, afin que notre Comité contienne toujours la proportion convenable de chaque spécialité. Cela n'arrive pas toujours aujourd'hui, et nous l'avons malheureusement constaté, en 1901, où la section de l'électricité était pres-

que vide, ce qui a causé la pénurie relative de travaux dans cette section. On ne peut, d'ailleurs, espérer obtenir régulièrement cette proportion avec le mode de votation employé jusqu'ici. Ce mode est, en effet, beaucoup trop confus.

Vous savez qu'il a déjà été critiqué comme tel, à un autre point de vue. Un de nos Présidents les plus autorisés, M. Molinos, vous le disait en quittant le fauteuil à la fin de l'année 1896. Il se plaçait dans l'hypothèse la plus ordinaire, celle du renouvellement d'un Comité dont dix-huit membres, sur vingt-quatre, sont rééligibles. « Il y a six » membres nouveaux à nommer, disait-il. On propose d'abord six candi- » dats, auxquels viennent s'ajouter un certain nombre d'autres, tous très » méritants, très sympathiques. Pour leur faire place, on raye plus ou » moins au hasard sur la liste, et il arrive qu'un de nos Collègues, » nommé l'année dernière, se trouve exclu cette année, qu'un autre » proposé pour la Vice-Présidence, et ne se trouvant plus sur la liste » du Comité, est oublié. Ce sont des faits très regrettables ; et, dans des » cas antérieurs, j'ai pu constater qu'ils produisaient de légitimes frois- » sements que nous devons nous appliquer à prévenir. » Je vous ai cité textuellement les paroles de M. Molinos; vous auriez pu croire qu'elles étaient de moi, tant elles se rapportent exactement à la situation créée par les dernières élections, situation que je déplore, d'ailleurs, comme faisait M. Molinos.

Pour éviter le grave inconvénient qu'il signalait, M. Molinos demandait que les membres du Comité fussent élus pour quatre ans, le Comité se renouvelant annuellement par quart, à raison de six membres sortants par an. C'est une très sage proposition qui assurerait la clarté du vote et qui mérite, à ce titre, d'être examinée à nouveau. Il faudrait seulement la compléter pour obtenir, ce qui paraît indispensable, l'égale répartition des sièges entre les cinq spécialités qui correspondent à nos sections. Dans ce but, le vote devrait se faire par section, chaque membre sortant étant remplacé par un membre de la même spécialité.

Je me contente, Mes chers Collègues, de ces indications générales ; ce n'est pas le moment de vous présenter un texte précis de modification des statuts. Mais je ne saurais trop vous recommander d'en étudier un, afin de tirer tout le parti possible, pour la prospérité de la Société, de la division en Sections si sagement prévue par notre Règlement. *(Très bien! Très bien!)*

Vous aurez d'ailleurs à examiner si, touchant à notre mode de votation, il ne conviendrait pas de le faire plus complètement et de réaliser une réforme, désirée par beaucoup de nos Collègues de province, qui les attacherait plus intimement à la Société et qui doublerait l'autorité de notre Comité; je veux parler du vote par correspondance. C'est une idée que je me contente de livrer à vos méditations. Plus discutable que ma proposition précédente, elle mérite au moins de n'être pas écartée sans avoir été étudiée à fond.

Mes chers Collègues,

Je suis arrivé au bout de ma tâche; avant de quitter ce fauteuil, je tiens à vous remercier du concours sympathique et dévoué que vous

avez bien voulu m'accorder; j'ai contracté une dette particulière envers MM. les Membres du Bureau et du Comité, ainsi qu'envers notre Secrétaire administratif, M. de Dax, dont le dévouement et l'activité ont grandement facilité ma tâche. Je leur exprime ici toute ma reconnaissance. *(Applaudissements.)*

(Se tournant vers M. Jules Mesureur, nouveau Président).

MON CHER PRÉSIDENT,

Vous avez été mon premier collaborateur pendant cette année; je vous ai vu à l'œuvre et je sais que je remets en bonnes mains la direction de la Société. Vous étiez désigné à notre choix par la confiance qu'à trois reprises différentes vos camarades des Écoles d'Arts et Métiers, parmi lesquels nous comptons tant de bons et distingués Collègues, vous ont témoignée en vous appelant à présider leur Société amicale. Nous savons avec quelle autorité vous avez exercé cette Présidence, et cela nous donne confiance pour celle de notre Société. Vous prenez d'ailleurs celle-ci sous les meilleurs auspices; élu sans opposition, vous n'avez pas à compter avec les passions que soulève une élection disputée; entouré de nos collaborateurs de l'an dernier, vous trouverez chez eux un concours éclairé qui ne m'a jamais fait défaut. Venez donc avec confiance prendre place dans ce fauteuil, et, avec les vœux de votre prédécesseur, acceptez la chaleureuse poignée de main qu'il vous offre de tout cœur. *(Applaudissements prolongés.)*

M. Jules MESUREUR, Nouveau Président, après avoir serré la main de M. Ch. BAUDRY, prend place au fauteuil et prononce les paroles suivantes :

MON CHER PRÉSIDENT,

Je vous remercie des paroles aimables que vous venez de m'adresser; rien ne pouvait m'être plus agréable que votre appréciation flatteuse sur mes trois présidences de la Société des Anciens Élèves des Écoles Nationales d'Arts et Métiers.

Je suis heureux d'avoir à vous remercier et vous féliciter en même temps au nom de tous nos Collègues et en mon nom personnel, de la façon brillante dont vous avez occupé les fonctions si justement enviées et honorées de Président de la Société des Ingénieurs Civils de France.

Personne de nous ne pourra oublier avec quel tact, avec quelle science, avec quel dévouement, vous avez présidé à nos travaux.

Les devoirs de la haute situation que vous occupez ne vous ont pas empêché d'assister régulièrement à toutes les réunions du Bureau, du Comité, des Commissions et de présider nos Assemblées.

Vous avez examiné, avec la plus grande attention et avec votre indiscutable compétence, les mémoires et les documents envoyés à notre Société, tant pour les publications du Bulletin que pour les très intéressantes communications que vous avez su provoquer.

Il vous appartenait de donner l'importance qu'elle mérite à l'étude si vivace et si considérable des méthodes d'essais des métaux.

Cette question est loin d'être épuisée et, après vous, je ferai appel à

tous les concours pour de nouvelles discussions sur ce grave sujet. Je suis assuré que vous voudrez bien nous aider de vos lumières essentiellement pratiques et scientifiques.

Vous avez conquis votre place au milieu de nos éminents prédécesseurs et vous avez bien mérité de notre Société; permettez-moi de vous exprimer toute notre gratitude. *(Très bien! Très bien! Vifs applaudissements.)*

MES CHERS COLLÈGUES,

En 1884, notre très regretté et distingué Camarade Louis Martin fut le premier ancien Élève des Écoles Nationales d'Arts et Métiers appelé à la présidence de la Société des Ingénieurs Civils de France. Depuis cette époque, aucun de nous n'eut cet honneur; permettez-moi, en vous remerciant chaleureusement de vos précieux suffrages, d'invoquer le souvenir de Louis Martin, un de nos plus distingués Élèves de ces Ecoles auxquelles je suis heureux et fier d'appartenir. *(Applaudissements.)*

Mes chers Collègues, je vous suis très reconnaissant du grand honneur qui m'est fait et je ne m'illusionne pas sur la signification des suffrages qui m'ont élevé à cette fonction si justement recherchée et appréciée.

Vous avez bien voulu tenir compte de ma collaboration aux travaux du Comité; vous avez voulu honorer, en ma personne, les anciens Élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers; vous avez voulu aussi que la Société des Ingénieurs Civils de France reste un terrain de culture intellectuelle, ouvert également à toutes les intelligences, à tous les dévouements, à toutes les compétences, sans distinction d'écoles ni de provenance *(Applaudissements.)*

J'ai ressenti les agréables effets de cet esprit libéral, dès mon entrée, en 1897, dans le Comité, et pendant mes quatre années de vice-présidence. J'en exprime ici ma profonde gratitude à nos anciens Présidents et à tous mes Collègues dont la sympathie m'a été et me sera toujours bien précieuse.

Par tradition, le nouveau Président prend les éléments de l'allocution qu'il est d'usage de prononcer au moment de son installation, dans une étude rétrospective et comparée de sa spécialité d'Ingénieur ou d'Industriel.

C'est ainsi que se sont traitées, de façon magistrale, par mes éminents prédécesseurs, les questions concernant les grands travaux publics, les constructions métalliques, les constructions maritimes, les questions si multiples et si vastes concernant la construction des chemins de fer, leur matériel et leur exploitation.

C'est ainsi, pour parler des plus récents, que :

M. Lippmann nous a initiés aux secrets des sols et sous-sols les plus variés et des eaux souterraines, traitant avec une grande envergure pratique la science si complexe de la géologie.

M. Loreau, avec son éloquence charmeuse et vibrante, nous a fait revivre un demi-siècle dans d'inoubliables discours qu'envierait plus d'un académicien.

M. Dumont nous a initiés avec une merveilleuse clarté à la marche et au progrès réalisés dans l'électricité.

M. Canet, le grand artilleur civil des temps modernes, nous a réconfortés par ses descriptions savantes de notre nouveau matériel de guerre.

M. Baudry, enfin, a fait brillamment une étude très documentée sur le matériel roulant des chemins de fer français et étrangers *(Bravo! Bravo! — Applaudissements.)*

Le rôle des Ingénieurs dans toutes les grandes questions que je viens d'énumérer sommairement, a été suffisamment établi pour n'avoir pas à y insister.

Il m'a paru, en raison des transformations et des exigences de l'industrie, il m'a paru, dis-je, bon, utile et profitable d'appeler votre attention sur le rôle des Ingénieurs dans les industries les plus diverses; ce rôle, s'il a été pour chacun modeste, il a dans son ensemble, rendu à la fortune publique et à la prospérité nationale des services incalculables, et il a procuré à la plupart d'entre eux, avec la satisfaction des résultats obtenus, des situations des plus honorables.

Le rôle de ces Ingénieurs ne s'est pas borné seulement à la recherche des moyens ingénieux et économiques de production; ces Ingénieurs se sont aussi préoccupés des moyens d'améliorer les conditions de salubrité, d'hygiène et de bien-être des travailleurs.

N'avons-nous pas, en effet, parmi nos anciens Vice-Présidents, M. S. Périssé, Président de l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail; et, puisque j'ai prononcé son nom, qu'il me permette de le féliciter de sa récente promotion au grade d'officier de la Légion d'honneur. *(Bravo! Bravo! — Applaudissements.)*

Loin de moi la pensée de pouvoir parcourir, comme il conviendrait, le champ vaste, très vaste, de ces multiples industries dans lesquelles les Ingénieurs se sont signalés; c'est donc plutôt à titre d'exemples que je vais vous entretenir de celles sur lesquelles mon attention a été plus particulièrement appelée. J'en oublierai certainement beaucoup: autant que possible, j'éviterai de citer des noms dans la crainte d'omettre les plus méritants.

Dans toutes les industries et partout aujourd'hui, le rôle de l'Ingénieur se manifeste par la création de machines et appareils destinés à produire vite et bien, tout en diminuant les dépenses de main-d'œuvre.

N'a-t-on pas, en effet, maintenant des machines à tout faire mécaniquement :

Fabrication des cigarettes, triées, comptées et mises en boites;

Machines à calculer;

Machines à composer et à distribuer les caractères d'imprimerie; clichage et fonte mécanique des caractères;

Machines à voter pour scrutin individuel et scrutin de liste;

Machines pour jouer mécaniquement tous instruments de musique,

Distributeurs automatiques de bonbons, boissons et comestibles;

Machines à rincer, emplir, boucher, capsuler les bouteilles et à coller les étiquettes;

Machines à laver, égoutter et essuyer la vaisselle; à nettoyer rapidement couteaux et fourchettes, etc.;

Décrotteurs et cireurs mécaniques;

Machines pour la fabrication des chaussures dont tous les détails sont faits aujourd'hui complètement à l'aide de l'outillage mécanique et avec une main-d'œuvre en quelque sorte insignifiante.

Les *Industries du tannage et des peaux*, ont également bénéficié des études et des travaux des Ingénieurs et des Chimistes; elles sont actuellement dotées de procédés et d'appareils perfectionnés aussi bien pour l'ébourrage et l'écharnage des peaux, que pour le satinage et le finissage.

Dans un autre ordre d'idées, les machines et les procédés dus aux Ingénieurs sont venus modifier, d'une façon heureuse, certaines fabrications d'accessoires; c'est ainsi que les *Œillets*, les *Agrafes* et *Crochets de laçage*, peuvent être revêtus mécaniquement de *Garnitures de celluloïd* et d'autres substances qui restent solidement ancrées et cachent le métal, qu'elles recouvrent d'une enveloppe durable et toujours propre.

Dans la *Verrerie*, où brille d'un grand éclat, un de nos plus sympathiques et distingués anciens Présidents, M. Appert, on a introduit des machines automatiques à mouler et à souffler le verre, lesquelles assurent une production considérable et mettent, à l'abri des dangers de cette fabrication, les ouvriers dont le nombre a pu être très réduit.

Dans la *Céramique*, un de nos anciens Présidents, le regretté Emile Muller a, des premiers, donné une impulsion considérable à cette industrie, notamment, pour la fabrication mécanique des tuiles, des briques, pour la fabrication des cornues à gaz et des produits en terre réfractaire.

Depuis, d'importants établissements ont suivi son exemple.

L'industrie si considérable des *Produits chimiques*, a aussi profité grandement de la collaboration simultanée de l'Ingénieur et du Chimiste, parmi lesquels nous comptons bon nombre de nos Collègues, et pour n'en citer qu'un des plus importants, M. le sénateur Poirrier.

Dans les *Industries textiles*, depuis Vaucanson et Jacquard, que de changements ont été apportés au métier à tisser.

Des combinaisons mécaniques prévoient tous les incidents de la marche de ces admirables machines et y remédient. Aussi peut-on, aujourd'hui, confier à un seul ouvrier la conduite de huit métiers à la fois, avec un labeur bien moins pénible qu'autrefois.

Dans la *Confection des vêtements* civils et militaires, une révolution complète s'est faite, par l'introduction de machines à couper ou plutôt à découper l'étoffe, à ourler, à broder, à plisser, à rucher, à faire les boutonnières, etc.

Dans nos grands magasins, comme le Louvre, par exemple, dirigé par un de nos plus distingués Collègues, M. Honoré, le rôle de l'Ingénieur est devenu des plus importants. On y trouve, en effet, des appareils pour la manutention mécanique et le classement des objets à expé-

dier, des ascenseurs, une machinerie importante pour l'éclairage, le chauffage et la ventilation. C'est au Louvre qu'ont été utilisés, pour la première fois, les plans inclinés roulants qui transportent les visiteurs ébahis d'étage en étage.

La *Fabrication des parapluies* s'est complètement transformée par l'introduction de la carcasse en métal faite mécaniquement.

Dans l'industrie des *Boutons de nacre*, objet presque minuscule, un de nos plus distingués Présidents, M. Loreau, et son beau-père, M. Bapterosse, nous donnent un des plus beaux exemples du rôle joué par les Ingénieurs dans cette petite industrie, devenue grande sous leur puissante et intelligente direction.

Dans la fabrication des *Boutons métalliques*, nous avons également à citer un de nos excellents camarades, Massé, de la maison Massé et Anglade, qui, par un outillage des plus ingénieux, qu'il a lui-même créé, a fait de cette maison, dont les débuts ont été très modestes, une des premières dans cette industrie.

Dans l'*Alimentation*, sans parler des appareils divers, servant au transport et à la conservation des liquides et des produits alimentaires, les industries de l'alimentation demandent à l'art de l'Ingénieur les machines capables de remplacer, chaque fois que la chose est possible, la main de l'homme pour les multiples opérations relatives à la confection et à la préparation des produits les plus divers.

Nous avons en cela un excellent exemple dans l'*Usine Potin*, dirigée par un de nos distingués Camarades, M. Aurientis. Une installation de 1 000 *ch* y est employée aux machines motrices, à la production de l'éclairage, au fonctionnement d'appareils frigorifiques et à la cuisson des aliments.

On y voit des machines spéciales pour la fabrication du chocolat, des pastilles, des dragées, des biscuits et de toute la confiserie et pâtisserie en général. Enfin, d'intelligentes machines, récemment installées, servent à l'écossage des pois, à leur triage et mise en boîtes de conserves, suivant leur grosseur.

Dans la *Meunerie*, que de changements survenus depuis le moulin à vent et les moulins mus par les roues hydrauliques. Les meules ont été remplacées par des cylindres au cannelage ingénieux; des machines et appareils spéciaux ont été construits, tels les transporteurs mécaniques, les machines à ensacher, à mesurer et à peser le grain, la farine, etc.

Dans la *Boulangerie*, on trouve aujourd'hui les pétrins mécaniques, les fours à gaz et autres, les appareils d'enfournement et de défournement, les machines à couper et à conformer la pâte.

Dans l'*Agriculture*, en dehors des machines nécessaires au travail du sol : charrues mécaniques, semoirs, faucheuses, arracheuses, batteuses, moissonneuses, etc., n'est-ce pas à l'Ingénieur que la *Laiterie* est redevable des écrémeuses, des délaiteuses et des baratteuses mécaniques,

qui permettent aujourd'hui de fabriquer, on pourrait dire instantanément, du beurre avec du lait fraîchement trait ?

N'a-t-on pas été jusqu'à imaginer, pour traire les vaches laitières, des machines où l'application du vide et du pulsomètre trouve son emploi ?

Dans les *Brasseries* et dans les *Distilleries*, que de perfectionnements aussi ont été apportés par les Ingénieurs, dans les machines et procédés de fabrication, et cela, afin de permettre de réduire, dans des proportions considérables, le prix de revient de certaines opérations et d'en abréger la durée.

Dans la *Carrosserie* et le *Charronnage*, les Ingénieurs ont transformé complètement les moyens et les procédés de fabrication.

Dans l'industrie du *Bâtiment*, où chaque spécialité a pris une si grande importance, les Ingénieurs ont joué, à côté des Architectes, un rôle considérable au point de vue des moyens employés pour le levage et la manutention des matériaux, de l'application du fer substitué au bois dans la construction, pour l'installation du chauffage, de l'éclairage, de la ventilation, des ascenseurs et monte-charges, des appareils sanitaires remplaçant les appareils qui jadis infectaient nos habitations.

Dans la *Télégraphie*, que de merveilles ont été faites ! Les correspondances à grande distance, sans délai, se font à présent à travers l'espace, sans conducteur, et le moment n'est peut-être pas éloigné où se tiendront des conversations, d'un continent à l'autre, pendant lesquelles les interlocuteurs se verront. N'est-il pas merveilleux de voir, dans nos établissements financiers, le cours des valeurs se transcrire de lui-même, d'une façon nette et précise, aux yeux de tous, en caractères d'imprimerie, au moment même où ce cours s'établit sur les divers marchés du monde ?

Dans l'*Horlogerie* et appareils de précision de toutes sortes, l'Ingénieur a également pris une place prépondérante. Nos Collègues Paul GARNIER et HENRY-LEPAUTE en sont une preuve vivante.

La *Chirurgie* et la *Médecine* ont également bénéficié dans une large mesure de l'art de l'Ingénieur.

Ne trouve-t-on pas aujourd'hui, chez le dentiste, tout un arsenal d'instruments mécaniques de la plus grande ingéniosité ?

Certains chirurgiens ne doivent-ils pas plus d'un de leurs succès, dans les opérations les plus audacieuses, à la perfection des instruments construits à leur intention ?

Et récemment encore, n'est-ce pas l'art de l'Ingénieur qui a permis aux médecins de se livrer, à travers les tissus du corps humain, à des investigations précises, impossibles jusqu'à la découverte des rayons X et des instruments propres à les produire ?

Et pour ne pas quitter le domaine médical, ne dirons-nous pas que c'est l'Ingénieur qui étudie, combine et construit ces couveuses artificielles où pénètre une lumière mesurée, où se maintient une tempéra-

ture rigoureusement exacte, où est entretenu un renouvellement d'air régulier, où est assuré un degré hydrométrique toujours le même ?

Dans les divers procédés d'*Éclairage*, l'art de l'Ingénieur est devenu de plus en plus indispensable à la fabrication des appareils de production et de consommation, qu'il s'agisse d'huile, de pétrole, de gaz, d'électricité ou d'acétylène.

Enfin, la récente Exposition du Grand-Palais, à Paris, nous a révélé des applications vraiment remarquables à l'éclairage, à la force motrice et à des emplois très divers, de l'alcool, dont le zèle des Ingénieurs et leur intelligence toujours active, toujours avide de nouveau, nous permet d'espérer des merveilles encore insoupçonnées.

J'en ai fini, Messieurs et chers Collègues, heureux si j'ai pu vous intéresser par ces citations, heureux surtout si j'ai pu faire comprendre à nos jeunes Collègues, et encore là sans distinction d'écoles, leur faire comprendre, dis-je, que les grandes Administrations publiques, les grandes usines, les chemins de fer, la marine, où beaucoup des nôtres ont su et pu conquérir des positions enviables, souvent, et toujours honorables, ayant aujourd'hui leurs cadres non seulement remplis mais débordants, il leur faut chercher une autre voie à suivre.

A ces jeunes Collègues, je conseille de courir les chances, souvent périlleuses, de la recherche de situation dans les industries diverses. Les débuts y sont généralement modestes, souvent très durs; l'inconnu, l'incertain inquiètent les timides : pour ceux-là, les situations administratives sont préférables, mais lorsqu'avec un bagage technique professionnel, un jeune homme possède l'initiative, il n'a pas à hésiter à se lancer dans la voie que j'indique; il y fera son chemin et il viendra ajouter sa part de gloire à celle déjà conquise par ceux qui ont tenté ces entreprises.

En préconisant cette ligne de conduite, je crois être l'interprète de la pensée des fondateurs et des continuateurs de notre Société dont le but dominant a toujours été de guider, d'encourager l'initiative des Ingénieurs civils. *(Très bien ! — Applaudissements.)*

L'organisation de notre Société, est comme toutes les choses humaines, perfectible. Plusieurs de nos Collègues, et non des moins dévoués, ont manifesté le désir de voir s'introduire un nouveau système de répartition des travaux du Comité, par la création de commissions d'études, par un nouveau mode de renouvellement des membres du Comité, et par des facilités données à tous les sociétaires pour participer aux élections.

Ces mesures auraient, suivant eux, pour résultat de vivifier l'action de la Société et d'augmenter le nombre de nos adhérents, surtout en province et à l'étranger.

Ils pensent également, ces Collègues, qu'il y a grand intérêt à ce que notre Société se mette en rapport et entretienne des relations les plus suivies avec les Sociétés et Syndicats s'occupant des questions qui se rattachent au rôle de l'Ingénieur, tels que les syndicats de travaux publics, de l'industrie du gaz et de l'électricité, de la Société des Ingénieurs coloniaux, etc.

Interprétant leur pensée, qui est aussi la mienne, j'en saisirai le Comité et, d'accord avec lui, nous poursuivrons l'étude de ces améliorations avec tout le soin qu'elle comporte. *(Vifs applaudissements.)*

En terminant, mes chers Collègues, recevez à nouveau tous mes remerciements et l'assurance de mon entier dévouement. *(Longs et vifs applaudissements.)*

PRÉSIDENCE DE M. JULES MESUREUR, PRÉSIDENT.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer à la Société le décès de plusieurs de nos Collègues, ce sont MM. :

P.-A. Arrault, ancien Elève de l'École Centrale (1870). Membre de la Société depuis 1882. Entrepreneur de sondages et constructeur d'outils de forage ; Chevalier de la Légion d'honneur ;

C. Belbezet, Membre de la Société depuis 1885. Ingénieur-Mécanicien. Spécialité pour sucreries et distilleries indigènes et coloniales ;

A.-A.-S. Bocquet, ancien Élève de l'École Centrale (1864). Membre de la Société depuis 1887. A été Ingénieur de la Participation du frein Wenger et Administrateur de sucreries ;

P. Hugon, Membre de la Société depuis 1874. Directeur de la Société du Gaz général de Paris ;

S. Lacombled, ancien Élève de l'École de Physique et de Chimie de Paris. Membre de la Société depuis 1901. Directeur-Fondé de pouvoirs de la maison Ch. Blanc, éclairage, etc.;

Ch.-A. Thirion, ancien Élève de l'École Centrale (1853). Membre de la Société depuis 1855. Ingénieur-Conseil en matière de propriété industrielle.

M. LE PRÉSIDENT est certain d'être l'interprète de la Société, en adressant aux familles de nos regrettés Collègues l'expression de nos sentiments de sympathique condoléance.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer à la Société les décorations et nominations suivantes :

Officier de la Légion d'honneur : M. S. Périssé ;

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. P. Fougerolle, L. Mercier ;

Officiers du Mérite agricole : MM. Ch. Baudry et G. du Bousquet, anciens Présidents de la Société ;

Chevaliers du Mérite agricole : MM. L. Brillié, A. Darracq, P. Regnard ;

Commandeur de l'Ordre de Saint-Jacques (Portugal) : M. P. Buquet, Directeur de l'École Centrale, ancien Président de la Société ;

Commandeurs de l'Ordre de la Conception (Portugal) : MM. Imber, Directeur des études à l'École Centrale, et Deharme, Professeur et ancien Président du Conseil de perfectionnement de l'École Centrale ;

Commandeur de l'Ordre de la Couronne d'Italie : M. P. Boubée ;

Chevalier de l'Ordre d'Isabelle la Catholique (Espagne) : M. F. Arnodin.

M. P. Boubée a été, à la suite d'un concours, nommé Professeur titulaire à l'École royale des Ingénieurs à l'Université de Naples.

M. Ch. Compère a été nommé Membre de la Commission municipale de fumivorité dans Paris, nommée par arrêté préfectoral.

M. le Président adresse à nos Collègues ses sincères félicitations.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un prochain *Bulletin.*

M. le Président dit que notre Collègue, M. F.-J. Guillon a, à la date du 30 décembre, déposé à la Société un pli cacheté. Ce pli cacheté sera, conformément à l'usage, conservé dans les archives.

M. J. de Coëne, de Rouen, a adressé à M. le Président la lettre suivante :

J'ai l'honneur de vous rappeler la lettre que j'écrivais, le 15 octobre 1880, à M. le Président de la Société au sujet de la distribution des eaux et de l'épandage des eaux vannes de la Ville de Paris. Depuis, les travaux de distribution des eaux et d'écoulement des eaux vannes ont pris une grande extension.

Peut-être peut-on regretter que les travaux concernant l'utilisation des eaux vannes n'aient pas pris l'extension qu'avait su leur donner M. Bazalgett, à Londres, et que l'on n'ait pas prévu le moyen de les envoyer à la mer en cas d'épidémie, comme M. Belgrand l'avait projeté. Mais une chose grave qui se produit chaque année, pendant l'été particulièrement, c'est l'insuffisance, à leur étiage, des eaux de source pour l'alimentation des maisons d'habitation où le tout à l'égout se développe chaque jour, comme je le demandais dans ma lettre de 1880.

En recherchant à quelle cause peut être attribuée l'insuffisance de l'alimentation en eau de source, j'ai reconnu que cette insuffisance tenait à ce que la Ville de Paris perd une grande partie des eaux de sources qui pourraient l'alimenter et qui, abondantes au printemps, ne peuvent pas être utilisées pendant la saison sèche.

Prenons, par exemple, la dérivation des sources de l'Avre ; on avait compté que l'on pourrait distribuer la moyenne du produit de ces eaux pendant l'année, soit 1 280 *l* par seconde. Or en été, dans la saison sèche, le débit des sources s'abaisse, en certaines années, à 750 *l* par seconde, de sorte que pour les sources de l'Avre, on se trouve être en déficit en été de 530 *l* par seconde, soit 40 0/0, au moment même ou les besoins sont les plus grands.

Comme le même effet se produit pour les sources de la Vanne, de la Dhuis et même de la nouvelle dérivation du Loing, il en résulte qu'en été, la Ville de Paris perd le bénéfice du produit total des sources pendant toute l'année.

Je viens d'apprendre que la Ville de Londres, pour parer à cet inconvénient de l'insuffisance des eaux pendant la saison chaude, construit en ce moment un réservoir d'une capacité de 150 millions de mètres

cubes, permettant d'emmagasiner l'eau d'alimentation de la Ville, à raison de 1 million de mètres cubes par jour, pendant 150 jours. On pourrait ainsi, comme à Glascow, qui reçoit son alimentation de l'eau provenant des lacs de l'Écosse, accumuler toute l'eau nécessaire pour les services d'été, comme on le fait pour l'alimentation des eaux à New-York, et dans plusieurs autres villes.

C'est pour cette même raison qu'on avait proposé une dérivation prise soit au lac de Genève, soit au lac de Neufchâtel, qui constituent des réservoirs de grande capacité.

M. le Dr Prompt a fait, ainsi que l'indique une note du Bulletin chronique de la Société, du mois de février 1901, la proposition d'utiliser les eaux prises en hautes eaux à la Loire et amenées dans de grands réservoirs à Paris.

J'ai pensé que, si aux réservoirs actuels qui sont tout à fait insuffisants, la Ville de Paris substituait un ou plusieurs réservoirs de plusieurs millions de mètres cubes à l'arrivée de chacune des sources qui alimentent Paris, on pourrait ainsi accumuler les eaux provenant des sources et arriver à obtenir pour l'alimentation de Paris, toute l'eau nécessaire en eau de source pour les besoins de la capitale, même pendant l'étiage de ces sources.

Je suis, d'ailleurs, convaincu que la dépense ne serait pas aussi exagérée que parait le croire M. Bechmann et que l'on arriverait ainsi pour longtemps à parer aux insuffisances signalées aujourd'hui par suite de la faible capacité des réservoirs de la Ville de Paris.

L'exemple que nous donnent la Ville de Londres, la Ville de Glascow et beaucoup d'autres grandes villes est, pour moi l'assurance qu'on résoudrait ainsi et pour longtemps la question de l'approvisionnement des eaux pures pour la Ville de Paris, puisque l'on pourrait certainement doubler le cube d'eau dont on peut disposer en été où le débit des sources est insuffisant pour assurer les services municipaux.

J'ai l'honneur, M. le Président, de vous demander de vouloir bien faire insérer ma lettre dans le Bulletin de la Société, comme on l'a fait pour ma communication du 15 octobre 1880.

Veuillez agréer, etc....

M. le Président dit qu'il a reçu avis que des propositions doivent être adressées très prochainement à M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie, en vue de la nomination d'un Ingénieur qui serait attaché à l'Office national des Brevets d'invention et des Marques de fabrique et serait chargé, conjointement avec deux autres Ingénieurs déjà en fonctions, de l'examen des brevets d'invention en vue de leur publication.

Il s'agit d'un emploi permanent exigeant la présence quotidienne du titulaire à l'Office; celui-ci recevrait une indemnité de 3 000 *f* payable mensuellement, non susceptible d'augmentation.

M. le Président attire tout spécialement l'attention de nos Collègues sur cette situation; en effet, le délai qui reste d'ici à la présentation est très court, car la liste doit en être dressée le 15 courant, au plus tard.

Il engage donc vivement ceux de nos Collègues qui désireraient concourir à envoyer immédiatement leurs demandes à M. Breton, Directeur de l'Office national des Brevets d'invention et des Marques de fabrique, au Conservatoire national des Arts et Métiers.

M. le Président dit que la Société pour l'étude pratique de la Participation aux Bénéfices rappelle qu'elle distribuera, pour la première fois, en 1902, le prix Charles Robert.

Ce prix biennal, d'une valeur de 1 000 *f*, sera attribué, soit à une initiative méritoire, soit à une fondation utile, soit à une ouvrage remarquable, choisis dans le domaine des œuvres sociales auxquelles M. Ch. Robert s'est particulièrement dévoué.

Les personnes qui auraient des titres à faire valoir ou à signaler sont priées d'en faire part au Secrétariat de la Société pour l'étude de la Participation aux Bénéfices, 20, rue Bergère, avant le 1er février prochain.

M. le Président rappelle que, dans la prochaine séance du 24 janvier, et conformément à l'article 7 du règlement du Prix Giffard, la Société aura à voter sur la nomination de trois Membres pour faire partie de ce Jury.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. Ch.-H.-M. Bélanger, M.-M. Gorry, P.-Ch.-A. Hébert, H.-C. Morand. F. Portal et E.-E. Vaton comme Membres Sociétaires, et de MM. A. Brochard et L.-A. Coindet comme Membres Associés.

MM. R. Algrin, A. Auclair, A.-L.-E. Basteau, Ch.-H. Claudel, Ch. Haller, P.-E.-F. Gautier, F. Lary, J.-P.-E. Liet, H. Neuburger, M.-H. Robinson, J.-P. Vignes et A.-G.-G. Waeles sont reçus Membres Sociétaires.

La séance est levée à 10 heures et demie.

Le Secrétaire,
L. Périssé.

ANNEXE

AU

DISCOURS DE M. CH. BAUDRY

PRÉSIDENT SORTANT

DISTINCTIONS HONORIFIQUES

I. — DÉCORATIONS FRANÇAISES

Commandeurs de la Légion d'honneur : MM. J. Bessonneau, N. Belelubsky.

Officiers de la Légion d'honneur : MM. P. Arbel, A. Bajac, L.-C.-E. Baudet, H.-A. Beau, H.-A. Brustlein, A.-A. Dufrène, J.-A. Dupont, A. Egrot, E. Firminhac, L.-E. Francq, B.-E.-P. Garnier, E. Gruner, A. Lainey, E.-L.-E. Laurent, J. Le Blanc, E.-A. Lebon, E.-A. Postel-Vinay, D.-J. Poulot, H.-E. Sartiaux, A. Pillé, Ch. Cotard.

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. L. d'Anthonay, E.-H. Arquembourg, P.-J.-J. Bergeron, G.-Ch. Binot de Villiers, A. Bochet, L. Bordet, E.-G. Bouillard, H. Bouruet-Aubertot, A.-J.-F. Cazaubon, J.-L.-F. Chagnaud, F. Cornesse, Ch.-A. Driout, P.-M. Fauquier, R. Godfernaux, E.-H. Hospitalier, Ch.-E. Iung, Ch. Janet, A. Lalance, A.-L.-F. Lotz, A. Loütreuil, Ch. Marteau, A.-A. Marx. P.-V. Masson, E. Mertz, G. Petit, G.-F. Raclet, J.-V. Ragot, L.-E. Serpollet, E. Taragonet, A.-L. de Traz, J.-L.-M. Turbot, E. Vedovelli, L. Eyrolles, M. Michon, L.-J. Miguet, A.-E. Simoneton, A.-E. Simon, Boghos-Pacha-Nubar, d'Abramson, J.-W. Post, L. Salazar, C. Cellerier, G.-L. Pesce, M. Douau, H. Forest, H. Laval, G. Mestayer, E. Pantz, E. Verdeaux.

Officiers de l'Instruction publique : MM. R. de Batz, A. Bloche, P Buquet, J. Carpentier, A. Deghilage, J.-H. Digeon, H. Farjas, A. de Gennes, A. Gerbold, E. Madelaine, Ch. Mardelet, S. Merzbach, Ch. Zetter, J. Bonnet, A. Despaux, E. Schmidt, J.-M. Lopes-Dias, C. Georgin, A. Dutreux.

Officiers d'Académie : MM. A. Barbou, L. Baudet, R. de Blottefière, A. Boyer-Guillon, A. Brice, A. Chertemps, E. Chouanard, A. Clerc, L. Declèty, M. Degeorge, E.-L. Deharme, L. Delloye, A. Dumesnil, P. Edelman, F. Eissen, H. Faucher, P.-L.-J. Faure-Beaulieu, A. Fayolle, L.-E. Gaumont, F.-P.-E. Geoffroy, P.-J. Grouvelle, V. Gueldry, P. Hamet, J. Haour, R.-J.-P.-M. Henry-Coüannier, H. Hervegh, J. Heurtematte, E. Jouan, A.-L.-L. Lebon, J. Leduc, Ch. Legras, Ed. Lelaurin, L.-M.-F. Leudet, J.-C.-A. Levesque, P.-M. Mailly, J. Manoach, F. Marboutin, J.-E. Maurer, Ch -H. Mazoyer, J.-F. Pillet, Pierre Rey, G.-H. Risler, H. Sauvinet, G. Tourin, P. Vincey, L.-A. Perreau, J.-A. Simonet, F.-M. Richard, P. Baudouin, A. Berthelot, M. Boutté, F. Brard, L.-A. Burot, F. Calvé, A. Collot, C. Comte, S. Flachat, P. Gallotti, J.-M. Ganne, P. Jolibois, A. Lindeboom, E Massicard, E. Moulle, E. Nicora, A. Ollivier, L. Périssé, E. Progneaux, L. Raynaud, P. Robert, J. Rousset, A. Bouvier, E. Despas, G. Lefebvre-Albaret.

Commandeurs du Mérite Agricole : MM. A. Ronna, Ch. Gallois, A. Lambert.

Officiers du Mérite Agricole : MM. Ch. Bourdon, H. Haguet, J.-B.-L. Vidal-Beaume, A. Bethouart, F. Dehaître.

Chevaliers du Mérite Agricole : MM. J. Pérard, R. Wallut, C. Durey-Sohy, Ch. Michel, Ch. Dessin, P.-A. Jolibois, E.-F. Chardon.

II. — DÉCORATIONS ÉTRANGÈRES

Commandeurs de Saint-Stanislas de Russie : MM. L. Appert, E. Boire, E. Firminhac, C. Balsan, Ch. Bourdon, R.-V. Picou, A. Bajac, A. Ronna.

Chevaliers de Saint-Stanislas de Russie : MM. Ch. Marteau, L. Duvignau de Lanneau, G.-L. Raulin, L. Magne, G. Trélat, P. Masson, E. Surcouf, J. Ragot, N. Roser, A. Postel-Vinay.

Commandeur de Sainte-Anne de Russie : M. J. Henrivaux.

Chevalier de Sainte-Anne de Russie : M. P. Arbel.

Commandeurs de François-Joseph d'Autriche : MM. E.-J. Barbier, L. Salomon.

Chevaliers de François-Joseph d'Autriche : MM. E. Horn, M. Cossmann, J. Le Coeur.

Chevaliers de la Couronne de fer d'Autriche : MM. Ch. Bourdon, L. Masson, H.-A. Schmid, R.-V. Picou.

Commandeur de la Couronne d'Italie : M. E. Gruner.

Chevalier de la Couronne d'Italie : M. F. Delmas.

Commandeurs d'Isabelle la Catholique : MM. P. Machavoine, L. Savatier.

Chevalier de Charles III d'Espagne : M. E. Soupey.

Chevaliers de Léopold de Belgique : MM. A. de Dax, E.-S. Flachat.

Chevaliers du Christ de Portugal : MM. Michel-Schmidt, P. Canet.

Commandeur de l'Osmanieh : M. A. Chélu-Bey.

Commandeurs du Medjidieh : MM. J. Périchon-Bey, P. Fleury.

Officier du Medjidieh : M. P. Boubée.

Officier de Saint-Charles de Monaco : M. J.-L. Pesce.

Commandeurs du Nicham-Iftikar : MM. A. Béthouart, J. Henrivaux.

Officier du Nicham-Iftikar : M. C.-J.-A. Jablin-Gonnet.

Officier du Nicham El Anouar : M. P. Regnard.

Officier du Cambodge : M. E.-S. Flachat.

Officier de l'Étoile Noire du Bénin : M. J.-W. Post.

Chevalier de l'Etoile Noire du Bénin : M. C.-J.-A. Jablin-Gonnet.

PRIX, RÉCOMPENSES, NOMINATIONS

I. — PRIX ET RÉCOMPENSES

Médaille d'argent, décernée à M. A. Bouvier, par la Société Technique pour l'Industrie du gaz en France.

Médaille d'argent, décernée à M. C. Canovetti, par la Société industrielle du Nord de la France.

Médaille d'argent, décernée à M. J. Hermant, par la Société Centrale des Architectes français *(architecture privée).*

Médaille d'argent, décernée à M. H. Lorphelin, par la Société Centrale des Architectes français *(personnel du bâtiment).*

Médaille d'argent, décernée à M. P. Guédon, par la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

Médaille d'argent, décernée à M. J. Joly, par la Société industrielle d'Amiens.

Médailles et diplômes hors concours, décernés à la Société à l'Exposition de 1900.

Prix de 250 f, décerné à M. A. Lecomte et une **médaille de bronze,** par la Société Technique pour l'Industrie du gaz en France.

Prix Annuel (1900), décerné à M. E. Hubou.

Prix François Coignet, décerné à M. E. Barbet.

Prix Michel Alcan, décerné à M. P. Gautier.

Prix Trémont, décerné à M. Ch. Fremont, par l'Académie des Sciences.

II. — NOMINATIONS

De M. Léon Appert, comme Membre de la Commission d'Hygiène industrielle.

De M. A. Liébaut, comme Membre de la Commission du Travail et de l'Industrie.

De M. G. Canet, comme Membre honoraire de l'American Society of Mechanical Engineers de New-York.

De MM. L. Couvreur, E. Gruner, F. Lahaye, A. Lainey, A. Moisant, Ch. Prevet, F. Reymond, comme Membres du Comité Consultatif des Chemins de fer pour 1901-1902,

De MM. H. Couriot, F. Delmas, L. Duvignau de Lanneau, H. Fontaine, A. Liébaut. J. Mesureur, E. Quénay, F. Reymond, comme Membres du Conseil supérieur de l'Enseignement technique.

De M. C. Canovetti, comme Membre de la Commission permanente internationale (pour l'Italie), instituée par le Congrès d'Aéronautique.

De M. Menard Saint-Yves, comme Membre de l'Académie de Médecine.

De M. J. A. Normand, comme Membre correspondant de l'Académie des Sciences.

De M. Ch. Compère, comme Membre de la Commission centrale des Machines à vapeur au Ministère des Travaux publics.

De MM. G. Menier et E. Cacheux, comme Membres du Conseil supérieur des habitations à bon marché.

De M. E. Cacheux, comme Membre des Comités locaux d'habitations à bon marché.

De MM. A. Brüll et A. Liébaut, comme Membres de la Commission du Concours ouvert entre les inventeurs d'appareils fumivores destinés à faire disparaître les inconvénients produits par la fumée.

De M. Ch. Compère, comme Adjoint à la Commission du nouveau Concours pour la suppression des fumées.

De MM. G. Canet et A. de Dax, comme Membres honoraires de la Société Impériale Technique russe.

De M. H. Fayol, comme Membre de la Commission chargée d'étudier les questions relatives à la durée du travail dans les mines.

De M. F. Reymond, comme Président de la Commission Technique des brevets d'invention et des marques de fabrique.

De MM. R. Benoit et Ed. Michaud, comme Membres de la Commission Technique du Laboratoire d'essai du Conservatoire national des Arts et Métiers.

De Membres de la Commission instituée par M. le Ministre de l'Agriculture pour l'organisation des expériences du Concours des Appareils utilisant l'alcool dénaturé et l'attribution des récompenses :

1re division : *Appareils moteurs.* — MM. Ch. Baudry, A. Ch. Bourdon, G. du Bousquet, L. de Chasseloup-Laubat, Ch. Gallois, E. Guyot-Sionnest, E. Hospitalier, A. Liébaut, A. Loreau, G. Richard ;

2e division : *Appareils d'éclairage et de chauffage.* — MM. Arachequesne, L. Baclé, A. Egrot, J. Grouvelle.

De MM. Ch. Balsan, Ch. Baudry, P. Buquet, P. Jacquemart, H. Menier, A. Poirrier, S. Pozzy, E. Schneider, comme Membres de la Commission chargée d'étudier l'organisation, à l'étranger, d'une école de perfectionnement pour les jeunes Ingénieurs et Industriels.

De M. J. Henrivaux, comme Conseiller du Commerce extérieur de la France.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 24 JANVIER 1902

PRÉSIDENCE DE M. JULES MESUREUR, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de :

M. Georges Lambiotte, Membre de la Société depuis 1899; Directeur copropriétaire des usines de distillation des bois, de Premery (Nièvre).

M. le Président adresse à la famille de notre regretté Collègue, l'expression des sentiments de douloureuse sympathie de la Société.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer les décorations et nominations suivantes. Ont été nommés :

Chevaliers de la Légion d'honneur : M. E.-J. Bernheim et L.-A. Lambert;

Officiers du Mérite Agricole : MM. F. Dehaitre et H.-A. Deroy;

Chevaliers du Mérite Agricole : MM. E. Chardon et A. Fritscher;

Chevalier de l'Ordre de Charles III d'Espagne : M. L. Albertini.

M. Léon Gérard a été nommé Président de la Société belge d'Électriciens à Bruxelles.

M. le Président adresse les félicitations de la Société à nos Collègues.

M. LE PRÉSIDENT rappelle qu'il y a lieu de nommer trois Membres pour faire partie du *Jury du Prix Giffard.*

Cette année le Jury de 1902 étendra ses délibérations au concours de 1899 (prorogé 1902).

Sur la proposition de M. le Président, MM. Bajac, Honoré, de Zuylen sont nommés Membres du Jury.

M. LE PRÉSIDENT rappelle aussi que, dans la prochaine séance, la Société aura à nommer trois Membres du *Jury du Prix Couvreux.*

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau les ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un prochain bulletin.

M. LE PRÉSIDENT communique à la Société les avis suivants :

1° Notre Collègue, M. E. Cacheux, en nous envoyant le numéro de la *Revue de Sauvetage en France et à l'étranger*, numéro qui contient le compte rendu de l'Exposition d'hygiène, de sécurité et de pêche maritime d'Ostende, nous informe que M. Pérard, Membre de notre Société, a été chargé par MM. les Ministres de la Marine et de l'Agriculture, d'installer, à Saint-Pétersbourg, les collections relatives à la pêche, qui étaient exposées à Ostende;

2° L'Automobile Club de France nous informe que M. G. Moreau, Membre du Cercle, Ancien élève de l'Ecole Polytechnique et de l'Ecole des Mines de Paris, fera, tous les lundis, à 8 heures et demie, à l'Automobile Club de France, et à partir du 3 février, une série de conférences pour développer la théorie des moteurs à gaz.

Les Membres de notre Société qui désireraient suivre ces conférences recevront des cartes d'invitation en se faisant inscrire au siège de l'Automobile Club, 6, Place de la Concorde;

3° L'Institut central des Mines, fondé sous le patronage de banques et de sociétés industrielles et financières d'Allemagne, nous écrit pour appeler l'attention de la Société sur le but qu'il poursuit, savoir :

« Faire étudier par des experts absolument compétents et dignes de confiance, les mines et gîtes quelconques de toutes les parties du Globe, experts choisis, dans chaque cas particulier, d'après les connaissances qui les désignent pour la tâche proposée. Les Membres de la Société que cette question intéresse sont invités à se mettre directement en relations avec l'Institut central des Mines, Börsenstrasse 20, I, à Francfort-sur-Mein, en adressant les références d'usage. »

Les documents concernant cet Institut sont déposés au Secrétariat où ils peuvent être consultés.

M. le Président donne la parole à M. Surcouf pour sa communication sur l'*Aéronautique maritime, Voyage du ballon le* Méditerranéen.

M. E. Surcouf dit que si l'Aéronautique se représente fréquemment à l'ordre du jour, c'est que cette science s'est enfin réveillée du sommeil léthargique, dans lequel l'avaient plongée, depuis de longues années, les ignorants ou les indifférents. Grâce à elle pourtant, un champ nouveau s'est ouvert à l'activité des Ingénieurs : l'Océan aérien, dont l'exploration permettra la solution d'utiles problèmes.

De toutes parts déjà, de savants aéronautes tentent, chaque jour, d'arracher à cet Empire immense ses secrets utiles à l'Humanité !

Cette *Renaissance aéronautique*, est due en grande partie aux Concours organisés à Vincennes à l'occasion de l'Exposition de 1900 et qui, sous l'habile direction du Comité présidé par le Commandant Paul Renard, ont permis à plus de 160 ballons de battre successivement tous les records aéronautiques, établis pour la plupart au début de ces mêmes Concours.

En 1901, les ballons-sondes continuent la série des expériences commencées par les Hermite, Besançon, Hergcrell, Teisserenc de Bort, etc., et dans le courant de cet exercice, ce sont les ballons des frères Renard, qui s'aventurent le plus haut, en dépassant, par cinq fois, l'altitude énorme de 15 000 *m*.

Puis, des membres de l'Aéro-Club, comte Henri de la Vaulx, de Castillon de Saint-Victor, M. Farman, Bacon, etc., se mettent à la disposition d'un groupe de médecins, qui vont hardiment compléter des études physiologiques dans des régions où Crocé-Spinelli et Sivel ont trouvé une mort héroïque.

Enfin, les merveilleuses expériences de Santos-Dumont n'ont pas peu contribué à ce renouveau, et ont eu pour résultat heureux de faire qu'un

grand nombre de sportmen se sont découverts un aéronaute qui sommeillait au fond du cœur.

Il est en tout cas regrettable que l'absence absolue de mesures précises empêche de comparer les expériences de M. Santos-Dumont avec celles, à tout jamais mémorables, des Renard et Krebs.

Enfin, fut organisée l'expédition du *Méditerranéen* par le comte de la Vaulx et ses dévoués collaborateurs. comte de Castillon de Saint-Victor, Hervé et le lieutenant de vaisseau Tapissier.

Le but principal de cette expédition, en tous points réussie, comme on va le voir, a été la démonstration du fonctionnement des appareils complémentaires d'aéronautique maritime, de l'Ingénieur Hervé, dont une partie déjà avaient été expérimentés avec un succès complet, lors de l'ascension du ballon *le National*, monté par Hervé lui-même en 1886.

M. Surcouf, avant de passer au récit du voyage du *Méditerranéen*, tient à décrire les appareils imaginés par l'Ingénieur Hervé, et qui constituent une solution vraiment élégante de ce difficile problème, solution qui se divise en quatre points que l'orateur énonce ainsi :

1° L'*Équilibre dépendant*, c'est-à-dire au moyen d'organes en contact temporaire ou permanent avec la mer;

2° La *Dirigeabilité partielle* dépendante, obtenue dans les mêmes conditions, et limitée sensiblement à la moitié de l'horizon;

3° L'*Équilibre indépendant* réalisé à toute altitude requise, sans communication avec la surface liquide;

4° *L'application* des trois méthodes précédentes aux systèmes à dirigeabilité complète et indépendante.

Les deux premières parties de cet ensemble ont, seules, été expérimentées et feront l'objet d'une description succincte que M. Surcouf complétera dans le Mémoire qui sera inséré dans le Bulletin.

Le but est de contenir, par des moyens statiques, entre des limites très restreintes, l'amplitude des variations angulaires verticales de la direction de la traction avec l'horizon, de part et d'autre d'un angle déterminé. dans les systèmes sustentateurs, comportant un organe de résistance terrestre ou aquatique, et cela par la méthode Hervé, qui consiste à spécialiser la fonction stabilisatrice de celle résistante, étant bien entendu qu'une dirigeabilité partielle, sans moteur, ne peut être obtenue que par la création d'un courant relatif, dû à un organe de ralentissement.

M. Surcouf décrit ensuite le *triangle stabilisateur* dont le sommet est le *ballon*, l'un des autres angles le *deviateur*, et le troisième le *stabilisateur*.

Il décrit ensuite les avantages du déviateur minima, dans certains cas particuliers, sur le déviateur maxima et surtout les avantages très nettement marqués de ces deux organes, destinés à se compléter, sur les systèmes de dérive employés jusqu'à ce jour.

M. Surcouf décrit ensuite le stabilisateur qui est caractérisé par une très grande intensité (quotient du poids par la course correspondant à l'action statique complète) — une très faible résistance de translation — une puissance statique considérable (rapport de son déplacement au

poids ascensionnel total). Cet appareil est heureusement complété par le compensateur, organe récupérateur, qui permet d'emmagasiner de l'eau à toutes les vitesses, et de récupérer ainsi lès projections de lest ou les abandons de poids nécessités par les manœuvres.

M. Surcouf cite plusieurs exemples de l'importance de l'emploi du compensateur, et entre autres celui-ci:

Le ballon (supposé absolument imperméable), après une journée de navigation, se charge d'humidité, voit son gaz condensé par la fraîcheur de la nuit, etc., en un mot s'alourdit de 100 *kg*, par exemple, diminuant d'un poids égal son effort ascensionnel sur le stabilisateur et, par suite, l'effort qu'il oppose aux composantes descensionnelles : les aéronautes peuvent, sans regret, jeter une quantité égale de lest, qu'ils savent, grâce au compensateur, pouvoir reprendre le lendemain matin quand le soleil échauffera le ballon de ses rayons, dilatant le gaz et dissipant la lourde humidité.

Cette récupération pourra être aussi graduelle que la disparition des phénomènes alourdissants.

M. Surcouf passe ensuite au récit des préparatifs du voyage et fait vivre toutes les scènes de cet intéressant voyage à l'auditoire, en faisant défiler sous ses yeux une série de remarquables projections.

L'orateur indique qu'il croit avoir suffisamment démontré :

La sécurité parfaite des voyages aéro-maritimes, grâce aux appareils imaginés par l'Ingénieur Hervé;

La prolongation de la durée des voyages aéronautiques, grâce aux mêmes appareils, durée qui ne dépend plus que de l'imperméabilité des ballons employés;

La possibilité de diriger, partiellement, un aérostat sur mer, grâce aux déviateurs qui ont expérimentalement démontré ceci :

1° Dans le voyage que M. Hervé a entrepris au-dessus de la Manche, pour passer en Angleterre (Boulogne-sur-Mer à Yarmouth, en 24 h. 30, 12 septembre 1886) et au cours duquel l'angle de déviation (appareil maxima) a atteint 60 à 70° ;

2° Dans le voyage du *Méditerranéen*, organisé par le comte Henry de la Vaulx, angle de déviation obtenu au moyen de l'appareil minima : 40 à 50°.

Pour faire saisir l'importance de ces résultats, l'orateur explique que l'emploi combiné des deux appareils permettrait à un aérostat, partant de Toulon ou de Marseille, avec un vent constant du Nord, de choisir, avec une précision absolue, son point d'atterrissage sur la côte africaine, ou d'atteindre néanmoins cette côte, malgré des sautes de vent faisant avec celui précité un angle de 70° vers l'Ouest ou vers l'Est.

L'orateur termine en disant qu'il croit faire une part suffisamment large à l'opinion publique, qui juge un peu superficiellement et construit souvent des résultats avec des hypothèses, en disant qu'au moins au même titre que celles de Santos-Dumont, les remarquables expériences réalisées par le comte Henry de la Vaulx et ses collaborateurs, au moyen des appareils Hervé, méritaient de retenir l'attention des Ingénieurs Civils de France.

M. le Président adresse à M. Surcouf les remerciements et les félicitations de la Société pour sa très intéressante et très claire communication; il souhaite que des communications nouvelles aient lieu devant notre Société pour aider à la résolution des intéressants problèmes qui se posent depuis quelques mois en Aéronautique.

M. le Président remercie ensuite M. Marcel Deprez de l'honneur qu'il a bien voulu faire à la Société en lui apportant ce soir le résultat de ses études sur les *Calculs et théorèmes relatifs à l'hélice propulsive des aérostats.*

M. Marcel Deprez expose à la Société les travaux théoriques qu'il a entrepris sur la question de la propulsion des ballons dirigeables; les très intéressantes démonstrations du savant professeur peuvent se résumer de la façon suivante :

Lorsqu'un navire ou un aérostat est animé d'un mouvement uniforme, l'effort qui lui est appliqué par le propulseur est égal à la résultante des pressions résistantes appliquées en chaque point de sa surface par suite de son mouvement dans le milieu considéré. Mais l'effort ainsi développé par le propulseur est nécessairement accompagné d'un effort égal et contraire exercé sur le fluide ambiant.

Ceci posé, quelle que soit la forme du propulseur, quelles que soient ses dimensions, le principe sur lequel il est basé, la vitesse constante ou périodiquement variable dont il est animé, il doit satisfaire à des conditions très simples qui paraissent cependant avoir été ignorées ou méconnues par la plupart des personnes qui ont fait construire des aérostats dirigeables, ou qui se sont bornées à étudier des projets accompagnés de dessins.

On peut distinguer quatre cas :

1° L'aérostat flottant dans l'air en repos, et maintenu lui-même au repos par un câble horizontal, doit exercer sur ce câble, et à l'aide de son propulseur, un effort donné F ;

2° L'aérostat entièrement libre doit être maintenu immobile dans l'air en mouvement en se servant uniquement, pour cela, du propulseur ;

3° L'aérostat doit se mouvoir avec une vitesse constante dans l'air en repos;

4° L'aérostat doit se mouvoir avec une vitesse donnée dans un courant d'air dont la vitesse est dirigée en sens contraire de la sienne.

Le premier cas constitue ce qu'on appelle l'épreuve de traction au point fixe. Si on désigne par F l'effort exercé sur le câble; par V la vitesse imprimée à l'air dans le sens de l'axe de l'hélice ou du propulseur quelconque employé; par M la masse d'air ainsi lancée par seconde; par $\mathfrak{T}$ le travail mécanique fourni au propulseur pendant l'unité de temps par le moteur qui le met en mouvement;

Le théorème des quantités de mouvement projetées donne l'équation :

$$F = MV \qquad [1]$$

D'autre part, en désignant par k le rendement mécanique du propulseur, c'est-à-dire le rapport de la demi-force vive communiquée à la

masse d'air (débitée par le propulseur pendant une seconde) au travail absorbé par le propulseur pendant le même temps, on a :

$$\mathfrak{T} = \frac{1}{k} \frac{MV^2}{2} \qquad [2]$$

En divisant cette seconde équation par la première, il vient :

$$\frac{\mathfrak{T}}{F} = \frac{1}{2k} V \qquad [3]$$

Le premier membre de cette équation représente la valeur du travail qu'il faut dépenser dans l'unité de temps uniquement pour produire l'effort statique F. M. Marcel Deprez donne à ce quotient $\frac{\mathfrak{T}}{F}$ (dont il a fait ressortir il y a plus de vingt ans l'importance dans la théorie des moteurs électriques), le nom de *prix de l'effort statique*. Il joue un rôle dans beaucoup de questions de mécanique telles que les actions mécaniques produites par un courant agissant sur un autre courant, ou sur un aimant, ou sur un barreau de fer doux. On le trouve également dans toutes les actions mécaniques produites par des liquides ou des gaz en mouvement, et même dans les forces mises en jeu dans les actions musculaires.

L'équation [3] nous montre un fait important, c'est que, plus est grande la vitesse imprimée à l'air par le propulseur, plus est grand le prix de l'effort statique. Il est donc nécessaire, pour économiser le travail dépensé ou, mieux encore, pour produire avec un moteur de puissance donnée, le plus grand effort statique possible, d'imprimer à l'air la plus faible vitesse possible. Pour rendre ceci plus évident, il suffit de résoudre les équations [1] et [2] par rapport à M et à V, en supposant que l'on se donne l'effort F et le travail $\mathfrak{T}$. On trouve immédiatement :

$$V = 2k \frac{\mathfrak{T}}{F}$$

$$M = \frac{F^2}{2k\mathfrak{T}}$$

La première de ces équations est une confirmation de ce qui a été dit plus haut ; la seconde montre que la masse d'air lancée par le propulseur pendant une seconde doit être en raison inverse de la puissance du moteur et proportionnelle au carré de l'effort F.

Appliquons ces formules à un exemple numérique :

Supposons que l'on veuille produire sur le câble un effort de 100 *kg* et que l'on dispose pour cela d'un moteur de 10 *ch* et d'un propulseur dont le rendement *k* est égal à 0,5. Pour appliquer les formules il faut se rappeler que, si on prend pour unités de longueur, de force et de temps, le mètre, le kilogramme et la seconde, il en résulte que l'on doit prendre pour unité de masse, celle de *g* en kilogr. (ou 9,81 *kg*).

On trouve ainsi :

$$M' = \frac{10\,000}{2 \times 0{,}5 \times 750} = 13{,}333$$

$$V = \frac{2 \times 0{,}5 \times 750}{100} = 7{,}5$$

Ainsi, pour obtenir le résultat demandé, le propulseur devra lancer par seconde une masse d'air égale à 13,333 $\times$ 9,81 ou 130,8 *kg* et animée d'une vitesse de 7,50 *m* par seconde. Or, un mètre cube d'air pesant dans les conditions ordinaires de température et de pression environ 1,2 *kg*, on voit que le volume lancé par seconde sera de 109 m^3 et, comme la vitesse d'écoulement est de 7,50 *m* par seconde, il en résultera que la section d'écoulement de l'air devra être égale à $\frac{109}{7.5} = 14{,}5\ m^2$.

La détermination de la section d'écoulement est d'ailleurs facile. Désignons par μ la masse du mètre cube d'air et par S la section d'écoulement, nous aurons :

$$M = \mu SV$$

d'où

$$S = \frac{M}{\mu V} = \frac{1}{\mu}\ \frac{F^3}{4k^2\mathcal{E}^2}$$

Cette dernière équation montre que, pour obtenir un grand effort de traction F avec une faible dépense de travail $\mathcal{E}$, il faut donner à la section d'écoulement S de l'air une très grande valeur et, par conséquent, un propulseur de très grandes dimensions.

Il est intéressant de remarquer que les inventeurs et constructeurs de ballons dirigeables paraissent ignorer cette condition, car ils donnent tous à l'hélice un diamètre et, par conséquent, une section bien inférieure à celle de l'aérostat.

Les trois autres problèmes énoncés au commencement de cette note conduisent à des équations beaucoup moins simples que la première, mais la marche du calcul est la même et conduit aux mêmes conclusions.

Du reste, M. Marcel Deprez a lui-même étudié des projets d'aérostats dirigeables dans lesquels cette condition d'avoir de très grands propulseurs est facilement remplie en même temps que le rendement k, dont il a été donné la définition plus haut, était accru dans une très forte proportion.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Marcel Deprez du grand service qu'il rend à tous ceux qui s'occupent de la direction des ballons, en éclairant de sa science la route à suivre par l'indication des moyens de calcul et des formules qu'il a bien voulu exposer ce soir devant la Société des Ingénieurs Civils.

M. J. Durupt a la parole pour sa communication sur un *Système d'hélice à ailes réversibles.*

M. J. DURUPT dit que les conclusions très catégoriques qui viennent d'être développées devant la Société des Ingénieurs Civils de France par M. Marcel Deprez viennent corroborer tout naturellement les déductions purement pratiques et d'observation qui sont les siennes. Il ne peut que s'en féliciter.

L'appareil, inventé par M. Marque il y a une douzaine d'années, après avoir un moment attiré l'attention des services de la Marine, pour être ensuite laissé dans l'oubli, est destiné à rendre de grands services à la navigation maritime et, par extension, à prendre place à la proue ou à la poupe des futurs ballons dirigeables.

Son principe repose sur la reversibilité des ailes plates de l'hélice qui peuvent pivoter sur elles-mêmes de 180° et occuper, par conséquent, toutes les positions intermédiaires entre la parallèle et l'équerre à l'axe moteur; il a, du reste, ceci de particulier, que l'arbre de commande marche toujours dans le même sens avec une vitesse graduée par un régulateur, pour éviter l'emballement, lorsque les palettes étant normales la résistance devient presque nulle; on conçoit qu'il en résulte une grande simplification dans le mécanisme du moteur. Ce déplacement de la palette est obtenu par une crémaillère qui engrène avec un pignon terminant le pivot. Le tout est dissimulé dans une boite en deux oarties et un moyeu extérieur, en deux parties également, de forme conique, pour ne pas contrarier les veines liquides; la boite intérieure peut glisser le long d'un tube fixé à l'étambot. Le mouvement de va-et-vient des crémaillères est obtenu au moyen d'un tube fileté extérieurement, placé autour de l'arbre commandé par un écrou prisonnier, actionné lui-même par une chaine Galle dont le volant est sous la main du capitaine.

Aucune modification n'étant faite à l'arbre de couche, on peut substituer simplement et rapidement le propulseur reversible à l'hélice ordinaire, et c'est de la sorte que l'on procéda lorsque les expériences comparatives furent faites en Seine, sur l'Escaut et en mer, avec des bateaux de différentes formes et des machines ayant des puissances respectives de 5, 55 et 600 *ch.*

De ces expériences, très sérieusement contrôlées et suivies, il ressort : que le propulseur Marque consomme un peu moins de charbon que l'hélice ordinaire, pour la même vitesse, dans les mêmes eaux, avec la même carène; qu'il lui est supérieur comme rapidité et souplesse de manœuvre; qu'il n'a que 0,22 de recul; qu'il abrège de 55 0/0 le temps qui s'écoule entre le commandement « arrière » et l'arrêt complet, de 30 0/0 le temps mis à reculer jusqu'à une fois la longueur du navire à compter du même commandement.

Ces deux derniers faits ont une importance capitale lorsqu'on pense que, en cas de collision, il ne s'agit presque toujours que de quelques secondes.

M. Durupt dit que tous les organes de l'appareil (dont diverses vues sont projetées) présentent un aspect de robustesse qui serait considérablement réduit s'il s'agissait d'un propulseur aérien établi en aluminium, et il montre que les avantages de l'emploi d'un propulseur à ailes reversibles dans la navigation aérienne seraient très sensibles : au départ, pour acquérir la vitesse progressive; à l'arrêt, pour atterrir en un point fixé d'avance ou propice, en cas d'accident ou de trop grand rapprochement de la terre en cours de la route.

En terminant, M. Durupt déclare que, pour lui, l'architecture définitive des ballons dirigeables ne sera pas celle actuellement en usage — quoi que l'on ait dit — et il estime que les aéronefs de l'avenir tiendront à la fois de l'oiseau qui plane sur ses ailes immobiles, ainsi que du poisson et du bateau sous-marin; en tous cas, le propulseur doit être dans l'axe de figure, qui est celui de la résistance, et placé à l'avant ou à l'arrière ou même aux deux bouts à la fois.

M. le Président remercie M. J. Durupt de sa communication et compte sur notre Collègue pour prendre part à la discussion sur la navigation aérienne qui aura lieu dans une prochaine séance.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. A. Alasseur, V. Bermont, L. Castermans, L. Cavel, E. Clevenot, L.-A. Farnet, H.-E. Lapipe, J. Lavé, A. Lespès, L. Mouchel, P. Rey, J. Rosenstock, P. Sée, J. Verneau comme Membres Sociétaires et de :

MM. T. Ballé, Ch. Goénaga, H. Pichot comme Membres Associés.

MM. Ch. Bélanger, M. Gorry, P.-Ch.-A. Hébert, H.-C. Morand, F. Portal, E. Vaton sont reçus comme Membres Sociétaires et :

MM. A. Brochard et L.-A. Coindet comme Membres Associés.

La séance est levée à 11 heures.

Le Secrétaire,
L. Périssé.

AMÉLIORATION

DE LA

NAVIGABILITÉ DE LA RIVIÈRE WHAMPOU

PAR LA

SUPPRESSION DE LA BARRE DE WOOSUNG

PAR

M. J.-J. CHOLLOT

Depuis plus de vingt ans, l'amélioration du Whampou, qui fait l'objet de ce mémoire, a vivement préoccupé le commerce de Shangaï; elle a provoqué, à côté de propositions saines, mais incomplètes, des projets extravagants; à aucun moment la cause du mal et les moyens d'y remédier n'ont été nettement formulés; le doute est resté dans les esprits et la question n'a pas fait un pas, tandis que le mal empirait.

Cette situation provient d'une méconnaissance des principes généraux de l'amélioration des rivières et des faits particuliers au Whampou et, par suite, de l'absence de toute déduction logique en ce qui regarde le remède à appliquer.

Nous résumons, dans les paragraphes ci-dessous, les principes à adopter et les mesures à prendre suivant nous :

1° Au point de vue de la navigabilité, la rivière de Woosung n'est pas, à proprement parler, une rivière; c'est un estuaire qui, périodiquement, reçoit les eaux du Yang-Tsé refoulées par la marée et les laisse écouler quand le refoulement n'a plus lieu.

Les eaux du Whampou n'interviennent que pour une trop faible part — on l'a évaluée à 3/56e — dans l'action d'ensemble pour être prises en considération.

2° Dans cette situation, le volume débité à la seconde par le jusant (courant descendant) est moins considérable que celui du flot (courant montant) pour les périodes voisines de la pleine mer; il est plus considérable, au contraire, dans le voisinage de la basse mer, et il en résulte sur le lit une action de déblai plus

énergique pour le jusant que pour le flot, alors même qu'il n'y aurait pas d'eau douce. A plus forte raison en est-il ainsi quand la marée se complique d'un courant d'eau douce et relativement claire, susceptible d'augmenter la vitesse à la descente et d'atténuer celle qui se dessine à la montée.

Il faut donc favoriser l'entrée du flot dans la mesure la plus large à la partie supérieure du lit, au moment du maximum de débit afin d'emmagasiner la puissance creusante; puis, pendant le jusant, et surtout aux environs de la basse mer, alors qu'on peut en tirer tout le parti possible diriger cette puissance sur les points les plus avantageux à la navigation.

3° Dans la section élargie du Whampou qui est comprise entre Black Point et Phesant Point, deux chenaux existent : le Junk channel et le Ship channel, qui se partagent les eaux du jusant de façon qu'aucun d'eux ne bénéficie de leur entière puissance affouillante.

Dans ces deux chenaux, séparés par Gough Island et les bancs de Middleground, la marée montante ou descendante ne se propage ni aux mêmes heures exactement, ni avec la même intensité; de là des courants transversaux ou courants de déversements, tant à l'extrémité aval qu'à l'extrémité amont des bancs Middleground.

De cette double existence : 1° du partage du jusant; 2° des courants transversaux : provient la formation de la barre ainsi que le peu de profondeur de Junk channel.

4° La condition présente du Whampou entre Black Point et Pheasant Point est celle que lui assignent les lois de la propagation de la marée dans les fleuves. Nous en donnons comme preuve les lignes suivantes, extraites textuellement du volume : *Travaux maritimes, Phénomènes marins*, par M. Laroche, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, professeur du cours de travaux maritimes à l'École Nationale des Ponts et Chaussées, pages 115, 116 et 117, chapitre Marées dans les fleuves.

« Si donc, dans une baie ou dans un estuaire à marée quel-
» conque, la force du jusant se porte d'un côté de l'embouchure,
» le premier flot entrera de l'autre.

» C'est ce qui a lieu dans la rade de Brest, dans la baie d'Ar-
» cachon, dans l'embouchure de la Gironde, etc. C'est, en un
» mot, une loi générale. Il en résulte notamment que l'embou-
» chure de la plupart des rivières à marée offre au moins deux

» chenaux d'accès, l'un, le plus profond, creusé par la sortie du
» jusant, l'autre par l'entrée du premier flot.

» Au commencement de la marée montante il y a déjà flot
» dans certains chenaux ou dans certaines parties d'un chenal
» pendant que le jusant règne encore dans d'autres parties du
» même chenal.

» Supposons maintenant que cet effet se produise dans un long
» estuaire à peu près rectiligne comme l'embouchure de la
» Gironde; il y aura jusant sur la rive droite, par exemple, flot
» sur la rive gauche, et entre ces deux courants régnera une
» tranquillité relative; il y aura des eaux molles, suivant l'ex-
» pression usuelle.

» Dans cette zone à peu près calme se déposeront les allu-
» vions qu'entraîne chaque courant; il se formera donc, entre
» les deux, ou du moins il tendra à se former, un banc allongé,
» ou une succession de bancs alignés, dont les parties les plus
» hautes émergeront sous forme d'îles.

» C'est ce qu'on observe dans l'estuaire inférieur de la Gironde.

» Nous avons vu que le premier flot se porte sur les convexités
» courbes, il tend donc à creuser un chenal le long de la rive
» convexe comme le jusant creuse le sien sur la rive concave;
» par suite, il tend à détacher de la plage convexe, qui est
» plate, un îlot compris entre le chenal du premier flot et celui
» du jusant, et cet îlot, où règnent des eaux molles, tend à aug-
» menter de hauteur. C'est encore un phénomène général qu'on
» observe sur tous les fleuves à marée.

» Mais le jusant et aussi le flot, après qu'ils seront bien établis,
» laisseront passer une certaine partie de leurs eaux par chacun
» de ces deux chenaux, et cela naturellement au détriment de
» leur profondeur.

» Donc quand cela sera nécessaire et pratiquement possible,
» il faudra chercher à réunir ces deux chenaux en un seul par
» une rectification convenable du lit.

» En résumé, on voit que pour l'amélioration d'un fleuve à
» marée, on est toujours conduit à combiner une rectification
» du lit avec des approfondissements du chenal.

» Et, de fait, tous les travaux exécutés sont basés sur ces deux
» principes.

» Malheureusement, le problème de la rectification du lit d'un
» fleuve et même d'une simple rivière n'a pas encore reçu de
» solution d'un caractère un peu général.

» On en est arrivé à admettre que chaque rivière a, pour ainsi » dire, son individualité propre et doit être traitée d'une façon » spéciale appropriée à sa manière d'être; en tout cas on n'ose- » rait pas affirmer, *a priori*, que ce qui a réussi pour une rivière » réussirait également pour une autre.

» Aussi convient-il de ne modifier le lit d'un fleuve, surtout » d'un fleuve à marée, qu'avec une extrême prudence, et, autant » que possible, par des travaux ou des ouvrages susceptibles » d'être modifiés eux-mêmes, sans trop de frais, si l'expérience » démontre l'utilité de certains changements. »

Les faits relevées sur le Whampou obéissent exactement à la loi générale qui vient d'être rappelée; le rapport des ingénieurs hollandais (1), par exemple, indique bien, paragraphe 20, page 8, la tendance du flot à se porter sur la rive gauche et celle du jusant à suivre la rive droite :

« Dans la section inférieure (section entre Round Point et » Pheasant Point) le flot à l'entrée prend une direction plus » marquée que le jusant; il suit la rive gauche et y maintient » un chenal qui, après avoir présenté plus de 18 pieds de pro- » fondeur sur une certaine longueur, devient graduellement » moins profond.

» Le jusant, quand il entre (à Round Point), n'est d'abord » incliné ni vers la rive gauche ni vers la rive droite, mais il est » rejeté par la première et suit alors la rive droite; le long de » celle-ci existe un chenal qui demeure profond sur une longue » distance, mais qui, au nord-ouest de Middleground, devient de » moins en moins profond jusqu'à la barre de Woosung... »

Le paragraphe 13, page 3, de ce même rapport montre bien aussi la prédominance très marquée du flot dans Junk channel et du jusant dans Ship channel :

« Les courants de marées dans les deux chenaux ne sont pas » entièrement les mêmes. D'après les renseignements fournis » par le pilote, M. Van Corback (qui a navigué sur le Whampou » plusieurs années) et d'après ceux de M. Carlson, maître du » port à Woosung, on doit admettre que :

» Dans les circonstances ordinaires, c'est-à-dire quand il n'y » a ni vent ni hautes eaux du Yang-Tsé, on a, en marées de » vives eaux :

(1) Inclus un extrait de ce rapport, page 56.

		Maximum de vitesse
» Dans Junk channel	5 heures 1/2 de flot. Milles.	4
» —	6 heures 1/2 de jusant. . .	3
» dans Ship channel	3 heures de flot	3
» —	1 heure d'étale,	
» —	7 heures 1/2 de jusant. . .	4

» et encore 1/2 heure d'étale; et aux marées de
» mortes eaux :

» Dans Junk channel	4 heures de flot	1
» —	1 heure d'étale,	
» —	7 heures de jusant.	1 1/2 ou 2
» dans Ship channel	1 heure de flot	1/2
» —	2 heures d'étale,	
» —	8 heures de jusant.	2 1/2

» et encore 1 heure d'étale. »

5° Notre procédé d'amélioration de la navigabilité peut s'appliquer aussi bien, en suivant les mêmes principes, à l'amélioration de Junk channel, pour le creusement de ce chenal, qu'à l'amélioration de Ship channel, pour la disparition de la barre, mais il ne saurait viser à obtenir la praticabilité simultanée des deux chenaux, la coexistence de ceux-ci étant contraire au but poursuivi.

Nous ferons remarquer toutefois que si l'amélioration porte sur Ship channel, par la disparition de la barre, elle sera des plus rapides, que, pas un seul jour pendant toute la durée des travaux, les navires ne trouveront ce chenal plus difficile qu'il ne l'est dans les conditions actuelles et que, même, l'amélioration commencera à se produire dès le jour où les travaux seront mis en train.

Si, au contraire, on devait poursuivre le creusement de Junk channel, les navires ne pourraient pas passer dans Ship channel en raison des travaux qu'on y feraient et devraient accepter, pendant un certain temps, Junck channel tel qu'il est, avec ses faibles profondeurs.

Cette considération suffit à faire préférer Ship channel comme chenal de l'avenir, car Junck channel est devenu impraticable et le commerce ne peut l'accepter, même pour une période de temps assez limitée. D'ailleurs, les dépenses à faire pour amé-

liorer Junck channel seraient aussi plus considérables et le résultat, quoique certain, beaucoup plus long à obtenir.

Nous n'envisagerons donc plus, dans ce qui suit, que la suppression de la barre et l'amélioration de Ship channel.

Pour cet objet, les travaux à faire sont les suivants :

6° *Il faut laisser monter les eaux de la marée par les deux chenaux à la fois, mais les concentrer, à la descente, soit sur la barre à creuser, soit dans Ship channel.*

Pour réaliser cette idée de principe, on exécutera les travaux indiqués sur le plan ci-joint.

Ils consistent :

1° en un épi fixe et insubmersible *a*, *b*, *f*, destiné à empêcher les eaux de passer d'un chenal dans l'autre;

2° en un barrage *f*, *g*, de 1 000 pieds de longueur environ, qui sera fixe à sa partie inférieure, comprise entre le lit de Junk channel et un niveau un peu supérieur à celui des basses eaux, et qui sera mobile entre ce dernier niveau et celui des hautes eaux.

La partie mobile de ce barrage sera formée de portes tournant autour d'un axe vertical, celui-ci étant placé vers le milieu de la porte, ou de vannes basculantes. Des taquets de butée, ou des chaînes de retenue, permettront de caler les portes dans telle direction qu'on voudra, de façon à guider le courant de jusant sur les points qu'on voudra creuser;

3° en un barrage *g*, *h*, de 2 000 pieds de longueur environ, situé dans le prolongement du barrage *f*, *g* et constitué comme ce dernier;

4° en un épi fixe et insubmersible *g*, *d* destiné à guider les eaux au sortir de la section *f*, *g* du barrage.

7° Moyennant ces travaux, la suppression de la barre sera obtenue en raison de ce qui suit :

1° le barrage mobile sera ouvert, en tout ou en partie, pendant la période du flot, de façon que les eaux de celui-ci pénètrent vers l'amont pour s'y emmagasiner.

2° Dès que le jusant commencera à se produire, on fermera la partie *g*, *h* du barrage en laissant ouvertes les portes de la section *f*, *g*, suivant une direction étudiée, qui variera avec le temps, selon les points où l'on voudra diriger le courant de jusant.

Le courant de jusant obligé de sortir par une section notablement moindre que dans l'état actuel, sera d'autant renforcé; il sera en outre dirigé, aussi bien celui qui viendra de Ship channel que celui qui viendra de Junk channel, vers la barre à creuser et entretiendra un chenal unique qui ne s'ensablera plus;

3° Lorsqu'on voudra approfondir la partie *a*, *f* de Ship channel, on fermera également, pendant le jusant, les portes du barrage *f*, *g*, pour que tout le courant de sortie creuse cette section de rivière dans laquelle le chenal n'a pu être obtenu jusqu'ici qu'au moyen de dragages.

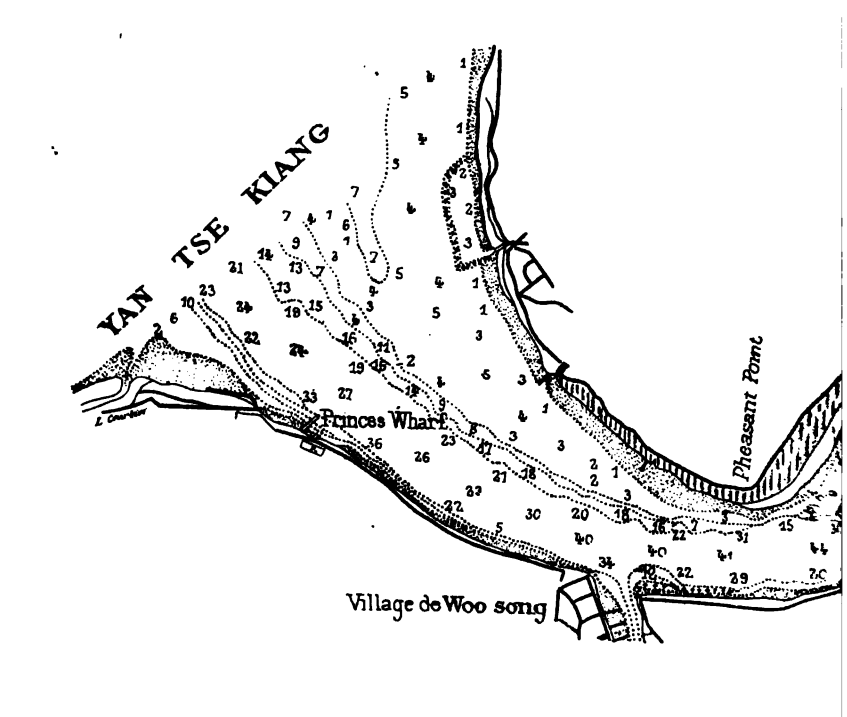
Le creusement de la section *a*, *f*, et celui de la section en aval de *f*, sont deux opérations distinctes nécessistant, l'une la fermeture, l'autre l'ouverture du barrage mobile *f*, *g* pendant le jusant, mais elles peuvent être conduites alternativement, de façon à obtenir progressivement la meilleure profondeur moyenne sur l'ensemble de ces deux sections; on pourra, par exemple, creuser la section *a*, *f*, pendant un mois, puis creuser en aval de *f* le mois suivant; revenir à *a f* et ainsi de suite.

Il ne sera pas toujours nécessaire d'ouvrir toutes les portes ou vannes de la section *g*, *h*, le flot devant trouver au fur et à mesure de l'exécution des travaux. un chemin de plus en plus grand par le Ship channel approfondi.

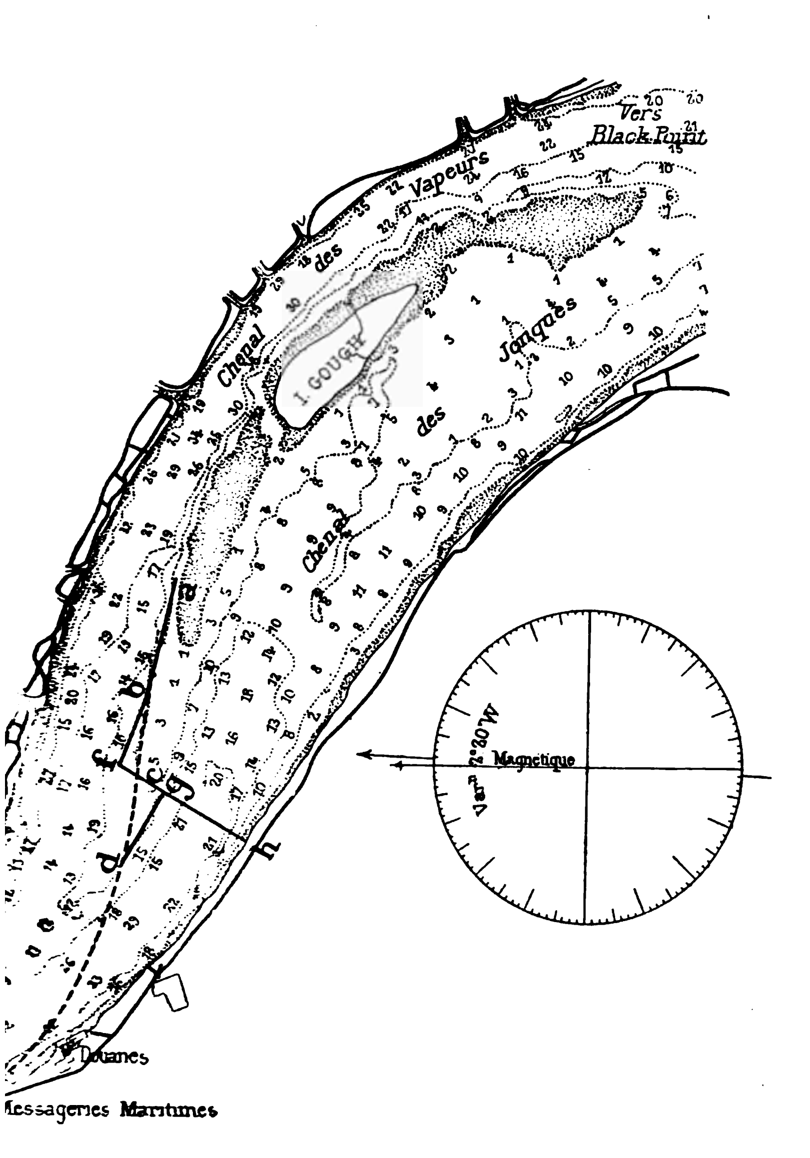
Remarques.

1° Si le courant de sortie était reconnu trop fort et gênant à certains moments pour les navires, quelques-unes des portes ou vannes de la section *g*, *h*, pourraient être laissées ouvertes pendant le jusant. L'action creusante en serait diminuée, mais le résultat, pour être obtenu à plus long terme, n'en serait pas moins certain. Nous ferons d'ailleurs remarquer que cet effet ne se manifestera que pendant la période de creusement; au delà de cette période, le passage offert aux eaux du jusant aura la même profondeur que le Whampou en amont, et une largeur de 2 500 pieds égale et même un peu supérieure à la largeur moyenne en amont;

2° L'accroissement d'intensité de courant dans Ship channel tendra à corroder la rive droite de ce chenal et à élargir celui-ci. Ce résultat est à rechercher dans une certaine mesure; il



YAN TSE KIANG
Princes Wharf
Village de Woo song
Pheasant Point



Vers
Black Point
Chenal des Vapeurs
I. GOUGH
Chenal des Jonques
Chenal
Varn 2°30 W
Magnetique
Douanes
essageries Maritimes

se produira surtout quand les portes de la section *f*, *g* seront fermées au jusant de façon que tout le jusant passe par Ship channel.

3° Cette dernière manœuvre assurera aussi l'entretien indéfini des profondeurs d'eau dans Ship channel en permettant d'y faire porter l'action creusante du jusant tout entier ;

4° L'emplacement des deux épis fixes et du barrage a été déterminé d'après cette prévision que la limite gauche du chenal unique tendra vers *a*, *b*, *c*, *d*, *e*. Il s'agit ici de la limite des grandes profondeurs et non de la rive proprement dite.

Lorsque la barre aura disparu, on pourra déjà, si on le désire, supprimer la partie *f*, *c* du barrage et ne laisser subsister au jusant que l'ouverture *c*, *g* ;

5° Un des effets constants du barrage sera que l'espace *a*, *d*, *g*, *h*, tendra à s'ensabler jusqu'à un niveau voisin des basses eaux ; cette tendance est évidemment à favoriser dans l'intérêt du chenal unique et profond que l'on veut obtenir, et l'on pourra y arriver dans l'avenir, en établissant un épi submersible à partir de la basse mer suivant tout ou partie de la ligne ponctuée *a*, *d*.

6° Comme les dépôts qui forment la barre sont anciens et ont subi des pressions d'eau journellement répétées, il pourra être nécessaire de détruire leur cohésion en usant de moyens mécaniques, par exemple d'un bateau à grappins ou à râteaux qui désagrègent le fond, mais cette opération seule suffira pour que les dépôts soient enlevés par le courant, et il n'y aura jamais lieu de faire des drâgages.

Au surplus, cette opération ne serait à faire qu'une fois pour toutes, car le jusant préviendra à tout jamais la reformation des dépôts ;

7° Il n'est pas besoin d'ajouter que les travaux proposés, réservant l'entrée du flot et ne modifiant la sortie du jusant que pour le renforcer dans Ship channel, puis dans le voisinage de la barre, puis en aval de cette barre, ne peuvent avoir qu'un bon effet en dehors de la barre intérieure : 1° en élargissant l'entrée au droit de Pheasant Point; 2° en reportant la barre extérieure par des fonds plus grands de l'embouchure de Yan-Tse, où elle sera moins haute ;

8° Nous avons dit que notre procédé pouvait être aussi appliqué à l'amélioration de Junk channel si l'on préférait ce chenal pour l'avenir. Il suffirait, en effet, de maintenir le même épi *a*, *f*, et un barrage analogue à *f*, *h*, mais placé dans le prolongement de *f*, *h*, et au travers de Ship channel pour obtenir que, le flot n'étant pas amoindri, tout le jusant passe par Junck channel et le creuse. Mais, nous le répétons, la situation de Junck channel est devenue telle que l'amélioration serait lente et la navigation gênée, une passe navigable fût-elle même ménagée dans une partie de la longueur du barrage de Ship channel. Nous ne nous sommes donc pas arrêté à ce projet;

9° Les tracés faits sur le plan de 1887, seront évidemment sujets à revision, suivant les modifications survenues depuis cette époque; leur teneur générale seule ne changera pas.

Conclusion.

En définitive, l'adoption du programme de travaux ci-dessus assurerait un résultat certain : la disparition de la barre et la navigabilité facile dans Ship channel; dès le jour où les travaux seraient entrepris, l'amélioration commencerait à se produire; la navigation ne serait gênée à aucun moment par leur exécution. Le résultat enfin n'est pas de ceux pour l'obtention desquels il faut attendre que la nature agisse, comme il en était pour les travaux proposés par les Ingénieurs hollandais; il se produirait au fur et à mesure que les travaux seront poursuivis, et serait complet dans l'espace d'une année environ après l'achèvement de ces travaux.

Les installations existantes (forts ou godowsis) ne seraient pas atteintes; il n'y aurait lieu ni à expropriations coûteuses, ni à dragages ultérieurs.

ANNEXE

BARRE DE WOOSUNG

Extraits du Rapport de MM. **G. A. Escher** et **J. de Ryke**,
Ingénieurs hollandais

§ 2. — Bassin de drainage

Dans la région que les cartes représentent, il n'y a pas une seule communication avec la mer au sud du Whampou, et au Nord il y a seulement quelques criques insignifiantes conduisant au Yang-Tsé. Un grand nombre de larges canaux et de lacs étendus qui drainent la campagne sont cependant en communication avec le Whampou. Cela donne *a priori* la raison pour laquelle le déversement du drainage dans le Yang-Tsé doit être très petit.

Il y a cependant encore une autre raison pour laquelle une petite bande seulement de terrain le long du Yangtsé déverse ses eaux directement dans le lit de cette rivière. C'est la pente de celle-ci. Le terrain dans le voisinage des lacs, dont le niveau est probablement plus bas que celui des points les plus rapprochés du Yangtsé, ne déversera pas directement dans cette rivière, mais, par les lacs, dans le Whampou. En outre, il ne me paraît pas improbable que, pendant les mois d'été, quand les eaux du Yangtsé sont à leur plus grande hauteur, les plus élevées de ces criques qui débouchent directement dans cette rivière rejettent seulement au jusant les eaux de marée qui ont pénétré avec le flot.

§ 3. — Surface du drainage

Pour déterminer la surface du drainage du Whampou, je considère les limites de son bassin comme étant celles indiquées sur le croquis par une ligne pointillée.

Étant ainsi mesurée, la surface du drainage du Whampou est de 11 930 milles carrés.

Elle est donc considérablement plus grande que celle de la Tamise qui (d'après M. Rennie, Ingenieur civil) ne mesure que 5 000 milles carrés, et que celle de la « Severn » que le capitaine T. W. Beechey, de la marine royale, dit être de 8.580 milles carrés. Le bassin de la Scheldt, qui, dans sa nature, ressemble peut-être encore plus au Whampou que les rivières anglaises déjà nommées, est plus petit que celui de Whampou ; il a environ 21 480 km^3 ou 8 292 milles carrés.

§ 4. — Nature du bassin et des eaux de drainage

Le bassin de drainage du Whampou, en partie entouré de collines du côté des terres, est presque entièrement un terrain d'alluvion plat, avec un réseau de canaux et de lacs en communication avec la rivière. En raison de l'égalité du terrain de ce district, la quantité des matières solides charriées par ces canaux ou ruisseaux n'a pas d'importance, et même la plupart de celles qui viennent des collines, avant d'atteindre la rivière, traversent quelques-uns des lacs, et il est évident qu'une grande partie, sinon la totalité, des matières qui, autrement, pourraient être charriées, s'y arrêtent.

D'après cela, en ce qui concerne les eaux de drainage, le Whampou est admirablement placé pour ne déverser que des eaux claires, sans matières solides qui pourraient occasionner des bas-fonds.

Mais, en opposition à ce grand avantage, qui provient principalement de la vaste étendue de la surface des eaux des lacs et des canaux, se présente le désavantage de la grande surface d'évaporation qui doit considérablement diminuer le déversement des eaux.

§ 5. — Marées dans la rivière et à son embouchure

Une autre circonstance favorable à la profondeur de la partie inférieure de la rivière est la grande montée des marées à son embouchure.

D'après le « China Sea Directory » (vol. III, 1874), la différence de hauteur entre le niveau de la haute mer et celui de la basse mer dans le Whampou est :

	Vives eaux	Mortes eaux
A l'embouchure . . .	15 pieds	10 pieds
A « Pheasant Point » .	13 —	8 —
A Shanghaï	10 —	7 —

Les observations faites de 1867 à 1874, par le capitaine de port, en face de sa résidence à Woosung, juste au-dessus de la « Pheasant Point », en face de la barre, donnent une moyenne d'élévation d'eau de seulement 10 pieds pendant les vives eaux et de 6 pieds pendant les mortes eaux.

Il est étrange de trouver une telle différence entre le « China Sea Directory » et les observations du capitaine de port. Car bien que la rivière devienne plus large en amont de la « Pheasant Point », une différence d'élévation de marée de 3 pieds entre cet endroit et la station du capitaine de port est difficilement plausible.

Les observations faites à Shanghaï par le capitaine de port, du 25 mars au 16 avril 1875, nous mettent à même de comparer la différence entre les hautes eaux et les basses eaux ici et à Woosung. Ces différences, d'après les observations respectives, sont les suivantes :

	MARS			AVRIL										
	26	28	30 ☾	3	4	5	6 ●	7	8	10	11	12 ☽	14	15
A Woosung	7,8	6, »	2,9	6, 8	8,9	9,6	9,11	10,5	10 »	8,1	5,10	...	5,6	6,10
A Shanghaï	6,6	4,9	4,9	5,10	7 »	8,2	8, 5	8,8	7,10	6,6	4, 3	3,6	4,6	5, 2
DIFFÉRENCE	1,2	1,3	2 »	0,10	1,9	1,4	1, 5	1,9	2, 2	1,7	1, 7	...	1 »	1, 8

Les chiffres précédents indiquent qu'en moyenne la marée monte à Shanghaï d'un pied 7 pouces de moins qu'à Woosung.

Les observations faites à Woosung en 1867-74 donnent comme montée de la marée :

	En vives eaux	En mortes eaux
	10 pieds	6 pieds
Déduisant la différence ci-dessus . .	1,7	1,7
nous avons une moyenne à Shanghaï de	8,5	4,5
Le « China Sea Directory » indique .	10 »	7 »
SOIT UN SURPLUS DE.	1,7	2,7

En prenant la différence dans le « China Sea Directory » à la « Pheasant Point » et à l'entrée de la rivière aussi petite que le surplus précédent, nous trouvons comme chiffres plus corrects pour la comparaison avec ceux des observations faites à Woosung les différences suivantes entre les hautes et basses eaux :

	Vives eaux	Mortes eaux	Moyenne
Entrée du Whampou	13 pieds	7 pieds	10 pieds
Pheasant Point	11 —	6 —	8,6
Résidence du capitaine de port.	10 —	6 —	8 —
Shanghaï.	8,6	4,6	6,6

Ces chiffres représentent les marées moyennes, en ne tenant pas compte de l'influence du vent.

§ 6. — Influence du vent

On comprend facilement que de forts vents peuvent faire varier considérablement de cette moyenne la hauteur des marées. Les vents de N.-O. retiennent le flot à l'entrée du Yangtsé et les vents de S.-E et d'Est forcent l'eau à y entrer. Par conséquent, dans le Whampou aussi, la marée est faible quand le vent souffle dans la première direction et forte quand cette direction est S.-E. ou Est. Les vents de S.-O. et de Sud s'opposent directement à l'entrée de la marée dans le Whampou.

§ 7. — Influence du déversement du Yangtsé

De même, le déversement d'eau douce du Yangtsé, suivant qu'il est plus ou moins grand, a une influence sur la hauteur de la marée à l'entrée du Whampou.

§ 8. — Courbes des marées à Woosung et à Shanghaï.

Les observations des marées à Shanghaï dont il est parlé plus haut, du 25 mars au 16 avril 1875, ont été faites heure par heure, tandis qu'à Woosung, pendant le jour, des observations de chaque 6 pouces d'élévation de la marée, sont régulièrement notées. Le changement de la hauteur de l'eau, aux deux endroits, pendant le jusant, est par conséquent connu du 25 mars au 16 avril 1875.

Les figures 1 et 2, appendice B, sont des diagrammes dans

lesquels ce changement de hauteur aux deux endroits est représenté pendant les vives eaux et les mortes eaux.

Les lignes noires représentent certaines marées à Woosung et les lignes bleues les mêmes marées à Shanghaï, les distances horizontales indiquent la différence de temps et les verticales la montée ou la descente de l'eau.

Comme la direction et la force du vent, ainsi qu'elles ont été observées pendant ces marées, ont pu avoir de l'influence sur la hauteur de l'eau, elles sont notées sur ces diagrammes. Un exemple de cette influence est le peu de hauteur de l'eau, à forte marée haute, dans l'après-midi du 30 mars, ceci ayant été probablement causé par un fort vent O.-N.-O ; l'exemple est encore plus marqué par la faible marée haute qui s'est produite dans la nuit du 31 mars au 1er avril.

Il résulte en outre de ces courbes, que l'espace de temps entre la basse mer et la haute mer est beaucoup plus court qu'entre la haute et la basse mer, en vives eaux le premier intervalle est d'environ trois heures, le dernier d'environ neuf heures.

§ 9. — Hauteur de la marée dans le haut de la rivière.

La bauteur de la marée à l'amont de la rivière a été, d'après des observations faites le 6 juin 1862 par le navire de guerre anglais le « *Vulcan* » :

A Minghong, 20 milles en amont de Shanghaï, de 6 à 7 pieds.
A Sungkong, 35 — — 5 pieds.

§ 10. — Nature de l'eau de marée.

L'eau entrant dans le Whampou, à chaque marée, provient de l'estuaire du Yang-tzé, elle est généralement douce, mais quelquefois un peu saumâtre et toujours vaseuse. Mais sur une longue distance au-dessus de Shanghaï, dans l'intérieur, l'eau du Whampou est connue pour sa clarté.

§ 11. — Cours du Whampou, sa largeur et sa profondeur.

La largeur du Whampou à hautes eaux, à la concession française de Shanghaï, à une distance de 14 milles de son embou-

chure, est d'environ 2 000 pieds, et, en exceptant la partie qui se trouve juste au-dessus de la ville, qui est beaucoup plus étroite, la largeur ne semble pas diminuer pendant une longue distance, en remontant la rivière. En 1866, la profondeur a été reconnue être d'au moins 30 pieds à marée basse.

A l'extrémité inférieure de la ville, près de la pointe de Pootung, où nous avons une profondeur maximum de plus de 90 pieds et un tourbillon causé par une courbe très accentuée et le confluent avec la crique de Soochow, la rivière se dirige vers l'Est, et cette partie a un maximum de largeur de 2800 pieds et un minimum de profondeur, qui était, en 1860, de 23 pieds.

La section suivante, en allant vers l'embouchure, que nous nommerons la deuxième section, va vers le N.-E. et a une largeur moyenne de 2100 pieds; à son extrémité, la largeur est seulement 1 650 pieds; la profondeur sur tout son parcours était au moins 26 pieds à marée basse, en 1858.

La troisième section s'étend au N.-O., avec une largeur maximum au centre de 4 600 pieds, une largeur maximum à l'extrémité en aval de la « Black Point » de 2 300 pieds et une profondeur sur tout son parcours, qui était au moins 26 pieds à marée basse, en 1868.

La quatrième section coule du N. au N.-O., puis de nouveau au N., et a, d'après le dernier mesurage en 1873, une largeur maximum au centre de 5 500 pieds et à son extrémité inférieure près de la « Pheasant Point », une largeur de seulement 1 900 pieds.

Après cela, la rivière se dirige vers le N.-N.-E. dans la direction du Yangtsé, s'élargissant graduellement et mesurant 4 000 pieds à l'entrée, près du fort B. Juste en dehors de ce fort, sur la barre dite « barre extérieure », est la partie la moins profonde de cette section, la profondeur n'étant pas de plus de 24 pieds en 1869.

§ 12. — Section entre la « Black Point » et la « Pheasant Boint ».

Sauf dans la quatrième section la plus large, la rivière n'a qu'un chenal; dans la quatrième section, il y en a deux — un le long de la rive droite, principalement maintenu par le jusant, et l'autre, le long de la rive gauche, formé par le flot. — Par-

tout où les berges, le long desquelles se trouvent ces chenaux, sont concaves, ces chenaux sont profonds. La profondeur diminue quand la direction des berges devient droite ou convexe, et les parties les moins profondes dans les deux chenaux, se trouvent au changement de direction.

Le chenal de droite nommé « Ship channel » (chenal des navires) a la plus grande profondeur, et les navires de long cours y passent.

Le point où il rencontre l'autre chenal (chenal de flot), juste en amont de la « Pheasant Point » est la barre nommée barre de Woosung, qui n'a que 10 pieds d'eau à marée basse, de vives eaux, tandis que dans la plus grande partie de ces chenaux, il y a une profondeur de 24 pieds, ainsi que cela a été trouvé en 1873.

Le chenal de gauche, nommé « Junk channel » (chenal des jonques), ne peut servir qu'aux navires de petit tonnage, il rejoint le « Ship channel » en aval de la « Round Point »; la partie la moins profonde n'a que 8 pieds d'eau (1873).

Entre ces deux chenaux, est le banc « Middleground », dont une partie à haute mer de vives eaux, reste découverte et est nommée « Gough Island ».

Cette île est couverte de roseaux.

§ 13. — Courants de marées dans cette section.

Les courants de marées dans les deux chenaux ne sont pas exactement les mêmes.

D'après les données du pilote, M. Van Corbach (qui navigue sur le Whampou depuis plusieurs années) et celles de M. Carlson, capitaine de port à Woosung, ce qui suit peut être accepté.

Dans des circonstances ordinaires (c'est-à-dire s'il n'y a ni vent ni hautes crues dans le Yangtsé) nous avons en vives eaux :

			Vitesse maximum.
Dans le « Junk channel »	5 h. 1/2	flot	4 milles.
et	6 h. 1/2	jusant	3 —
Dans le « Ship channel »	3 heures	flot	3 —
—	1 —	marée étale	» —
—	7 h. 1/2	jusant	4 —
De nouveau	1/2 heure	marée étale	» —

Et en mortes eaux :

			Vitesse maximum.
Dans le « Junk channel »	4 heures	flot	1 mille
—	1 —	étale	» —
—	7 —	jusant	1 1/2 à 2 milles
Dans le « Ship channel »	1 —	flot	1/2 mille
—	2 —	étale	» —
—	8 —	jusant	2 1/2 milles
De nouveau	1 —	étale	» —

Le diagramme de l'appendice C et D, donne une idée claire de la vitesse du courant dans les deux chenaux pendant les vives eaux et les mortes eaux, à chaque période de la marée.

Nous voyons que, pendant les vives eaux, quand la marée passe du flot au jusant, les deux courants, suivant une direction opposée, existent pendant un court espace de temps dans les deux chenaux.

Nous voyons aussi que, pendant les vives eaux, le jusant a sa plus grande force dans le « Ship channel » et le flot dans le « Junk channel » et que dans les deux chenaux la force du jusant, en ce qui concerne la vitesse et la durée, est plus grande que celle du flot.

§ 14. — Nature du lit.

M. de Ryke et moi n'avons pas pu obtenir des détails suffisants sur la nature du lit de la rivière. Tout ce que nous avons appris c'est que, autrefois, des sondages ont été faits avec un bambou, et qu'alors il a été reconnu que dans beaucoup d'endroits le lit est dur; mais on nous dit que, bien que plusieurs personnes paraissent considérer le lit comme étant d'une composition particulière, on n'en a jamais entrepris l'examen.

Nous avons donc fait une machine de forage, composée de quelques tuyaux à gaz vissés ensemble un huitième de pouce d'épaisseur et d'un diamètre intérieur d'un pouce ; nous avions pratiqué une fente sur toute la longueur du tube. Ces tubes étaient introduits, à la main, dans les parties molles du lit de la rivière ; quand le fond était trop dur, un mouton de 30 livres était employé.

Le contenu enlevé au moyen de cet instrument était visible

par la fente, un échantillon, pour chaque pied de profondeur, a été conservé dans la boite qui accompagne ce rapport, à l'exception de ce qui a été enlevé par l'eau pendant que l'on retirait l'instrument de forage.

Les points où de tels forages ont été faits ont été déterminés par des lignes partant de la berge et sont marqués sur le plan, par des lettres, correspondant aux lettres qui se trouvent sur les échantillons dans la boite.

Une description du sol ainsi étudié, et le degré de la résistance rencontrée se trouvent dans un rapport spécial. Appendice D. Celui-ci, et le dessin qui l'accompagne, donnent une idée de la nature du lit de la rivière.

Il en résulte que la couche supérieure, sur une profondeur plus ou moins grande, pour la plupart de ces points, est composée de matières molles, qui ont été enlevées par l'eau en retirant la machine, et qui, par conséquent, consistent, probablement, principalement en vase et sable fin.

A certains endroits le lit restait mou jusqu'à 18 pieds au-dessous des basses mers, à d'autres, à environ 16 pieds et à d'autres endroits nous trouvons le lit mou à 12 pieds au-dessous des basses mers. Dans certains cas la couche molle était couverte d'une croûte dure.

La matière retirée est principalement du sable fin, ayant plus de cohésion où le lit était mou que là où il était dur; il avait une apparence argileuse quand il était humide. Cependant quand il était sec, l'insignifiance du dépôt d'argile dans tous les échantillons était manifeste, et au microscope nous avons découvert que les spécimens qui avaient la plus grande apparence argileuse de sable consistaient seulement en grains brillants retenus les uns aux autres par quelques parties gluantes.

A certains endroits, en raison de la grande résistance du dépôt, nous n'avons pas fait de forages à la profondeur nécessaire pour le nouveau passage, mais, considérant les résultats des autres sondages qui ne montrent aucune variation matérielle dans la nature du lit de la rivière, nous trouvons que la raison de la grande résistance ne peut être que la hauteur extraordinaire de la couche de sable, et nous en concluons que le caractère du dépôt est bien le même partout.

La différence la plus frappante est que le dépôt dans les sondages du « Junk channel » est plus grossier que dans le « Ship channel ».

En tout cas, nulle part le lit n'est assez fort pour résister à un courant rapide; je considère cela comme l'enseignement le plus important que l'on pouvait retirer de ces sondages, car il montre la possibilité de rendre la rivière plus profonde sans employer de dragues qui encombrent toujours la navigation et coûtent très cher dans cette partie du monde.

A la suite de l'envoi du mémoire ci-dessus, notre collègue, M. Chollot, nous a adressé le texte français du traité de paix signé entre la Chine et les puissances alliées.

Il en a extrait l'annexe n° 17, relative à l'amélioration de la rivière de Shanghaï.

Nous donnons ci-dessous le texte de cet article, qui est relatif à un travail fort important.

ANNEXE N° 17

I. — Il est établi à Shanghaï un Conseil fluvial (River Conservancy Board) pour la rivière Whangpou.

II. — Le Conseil aura le double devoir d'agir comme organe de rectification et d'amélioration de la voie fluviale et comme organe de contrôle.

III. — La juridiction du Conseil s'étendra depuis une ligne tirée de la limite inférieure de l'Arsenal de Kiang-nan vers l'embouchure de la crique dit « de l'Arsenal » jusqu'à la bouée rouge dans le Yangtse.

IV. — Le Conseil sera constitué comme suit :

a) le Taotai;

b) le Commissaire des Douanes;

c) deux Membres élus par le Corps Consulaire;

d) deux Membres de la Chambre générale de Commerce de Shanghaï élus par le Comité de cette Chambre;

e) deux Membres représentant les intérêts de la navigation, élus par les sociétés de navigation, les maisons de commerce et les négociants dont le trafic maritime pour le total des entrées et des sorties à Shanghaï, à Wousong ou dans tout autre port sur le Wangpou, excède cinquante mille tonnes par an;

f) un Membre du Conseil municipal de la Concession Internationale (International Settlement).

g) un Membre du Conseil municipal de la Concession Française;

h) un Représentant de chacun des Pays dont le trafic maritime, pour le total des entrées et des sorties à Shanghaï, à Wousong ou dans tout autre port sur le Whangpou, excède deux cent mille tonnes par an. Les représentants seront désignés par les Gouvernements des Pays en question.

V. — Les membres de droit rempliront leur mandat tant qu'ils occuperont le poste en vertu duquel ils font partie du Conseil.

VI. — Les représentants des Conseils municipaux et de la Chambre de Commerce seront élus pour la période d'un an. Ils seront immédiatement rééligibles.

Seront également désignés pour la période d'un an les Représentants des Gouvernements prévus au § *h* de l'article IV.

Le mandat des autres Membres sera de trois ans; ils seront immédiatement rééligibles.

VII. — En cas de vacance au cours d'un mandat, le successeur du membre sortant sera désigné pour un an ou pour trois ans, selon la catégorie à laquelle il appartient.

VIII. — Le Conseil nommera et pour un an son Président et son Vice-Président, choisis parmi ses Membres. S'il n'y a pas de majorité pour l'élection du Président, le Doyen du Corps Consulaire sera prié de former une majorité par son vote.

IX. — En cas d'absence du Président, celui-ci sera remplacé par le Vice-Président. Si tous deux sont absents, les Membres présents désigneront parmi eux un Président *ad hoc*.

X. — Dans toutes les séances du Conseil, s'il y a partage égal de voix, celle du Président sera décisive.

XI. — Le Conseil ne pourra délibérer que lorsque quatre de ses Membres au moins seront présents.

XII. — Le Conseil nommera les fonctionnaires et employés qu'il jugera nécessaires à l'exécution des travaux et pour l'application des règlements, fixera leurs appointements, salaires et gratifications qu'il paiera sur les fonds mis à sa disposition. Il pourra édicter des règlements, prendre toutes dispositions applicables à son personnel, et congédier celui-ci à volonté.

XIII. — Le Conseil arrêtera les dispositions nécessaires à la réglementation du trafic y compris l'installation des appareils de mouillage en rivière et la réglementation des mouillages eux-mêmes, dans les limites indiquées à l'article III ainsi que sur toutes les voies d'eau telles que les criques de Sou-Tcheou et autres traversant la Concession Française ou la Concession Internationale (International Settlement) à Shanghaï et dans le quartier étranger de Wousong, de même que sur toutes les autres criques débouchant dans la rivière jusqu'à une distance de deux mille anglais en amont de leur embouchure.

XIV. — Le Conseil aura le droit d'exproprier les appareils de mouillage fixes appartenant à des particuliers, et d'établir un système d'appareils de mouillage publics dans la rivière.

XV. — L'autorisation du Conseil sera nécessaire pour l'exécution de tous travaux de dragage, de construction de quais et de jetées, ainsi que pour l'établissement de tous pontons ou maisons flottantes dans la section de la rivière mentionnée à l'article XIII. Le Conseil pourra refuser à discrétion cette autorisation.

XVI. — Le Conseil aura pleins pouvoirs pour faire enlever tous obstacles dans la rivière ou dans les criques susmentionnées, et pour recouvrer, si cela est nécessaire, sur les personnes qui seraient responsables, les dépenses qui en résulteraient.

XVII. — Le Conseil aura la disposition de tous feux flottants, bouées, amers et signaux lumineux, dans la section de la rivière et dans les criques mentionnées à l'article XIII ainsi que de tous appareils établis à terre et nécessaires à la sûreté de la navigation fluviale à l'exception des phares, auxquels reste applicable l'article XXXII du traité de 1858 entre la Grande-Bretagne et la Chine.

XVIII. — Les travaux d'amélioration et de conservation du Whangpou seront, dans leur entier, sous la direction technique du Conseil même si leur exécution nécessitait des travaux en dehors des limites de sa juridiction. Dans ce cas, les ordres nécessaires seraient transmis par l'autorité chinoise, et exécutés de son consentement.

XIX. — Le Conseil encaissera et déboursera tous les fonds qui seront prélevés pour les travaux, et il prendra, d'accord avec l'autorité compétente, toutes les mesures propres à assurer le recouvrement des taxes et l'application des règlements.

XX. — Le Conseil nommera le Capitaine de Port et son personnel. Ce service de Port exercera son action dans les limites des pouvoirs attribués au Conseil, dans la partie de la rivière indiquée à l'article XIII.

XXI. — Le Conseil aura le pouvoir d'organiser un service de police et de surveillance destiné à assurer l'exécution de ses règlements et de ses ordres.

XXII. — Le Conseil aura la direction et la réglementation du service de pilotage de Shanghaï (Lower Yangtze pilotes). Les brevets de pilotes patentés pour les navires se rendant à Shanghaï, ne pourront être délivrés que par le Conseil qui en disposera à son gré.

XXIII. — En cas de contravention à ses règlements, le Conseil poursuivra les contrevenants de la façon suivante : les étrangers, ou devant leurs Consuls respectifs ou devant leurs autorités judiciaires compétentes ; les Chinois ou les étrangers dont le Gouvernement n'est pas représenté en Chine, devant la Cour Mixte, en présence d'un assesseur de nationalité non chinoise.

XXIV. — Tout procès intenté au Conseil sera porté devant la Cour Consulaire (« Court of Consuls ») de Shanghaï. Le Conseil sera représenté, dans les procès, par son secrétaire.

XXV. — Les Membres du Conseil et les personnes employées par lui, ne pourront encourir aucune responsabilité personnelle du fait des votes et des actes du Conseil, des contrats passés ou des dépenses engagées par cette assemblée, lorsque lesdits votes, actes, contrats et dépenses se rapporteront soit à l'élaboration, soit à l'application, sous l'autorité ou d'après les ordres du Conseil ou de l'un des services qui en dépendent, des règlements émanant de l'assemblée en question.

XXVI. — En dehors des dispositions mentionnées à l'article XIII de la présente Annexe, le Conseil aura le pouvoir de promulguer, dans les limites de sa compétence, toutes ordonnances et tous règlements nécessaires, et de fixer des amendes pour les cas de contravention.

XXVII. — Les ordonnances et règlements indiqués à l'article XXVI seront soumis à l'approbation du Corps Consulaire. Si deux mois après la présentation du projet, le Corps Consulaire n'y a pas mis d'opposition ou suggéré de modification, le projet sera considéré comme approuvé et exécutable.

XXVIII. — Le Conseil aura le droit d'acquérir tous terrains nécessaires à l'exécution des travaux d'amélioration et de conservation du Whangpou et de disposer desdits terrains. Si, dans cet ordre d'idées, il était jugé utile d'exproprier des terrains, on suivra les règles établies à l'article VI à des « Land Regulations for the foreign Settlements of Shanghaï. North of the Yang-King-pang ». Dans ce cas, le prix serait fixé par une Commission composée de : 1° une personne choisie par l'autorité dont le propriétaire est ressortissant ; 2° une autre, choisie par le Conseil ; 3° une troisième choisie par le Doyen du Corps Consulaire.

XXIX. — Les propriétaires de terrains auront un droit de préférence pour l'achat de tout terrain créé en avant de leurs propriétés par les assèchements effectués pour l'amélioration des voies fluviales en question. Les prix d'acquisition de ces terrains seront fixés par une Commission constituée de la même manière que dans l'article XXVIII.

XXX. — Les revenus du Conseil se composent de :

a) Une taxe annuelle d'un dixième pour cent (0,1 %) sur la valeur imposable de la propriété foncière bâtie et non bâtie dans la Concession Française et dans la Concession Internationale (International Settlement) :

b) Une taxe égale sur toute propriété située sur les rives du Whangpou à partir d'une ligne tirée de la limite intérieure de l'Arsenal de Kiang-nan vers l'embouchure de la crique dite « de l'Arsenal », jusqu'à l'endroit où le Whangpou se jette dans le Yangtse. La valeur imposable de ces propriétés sera fixée par la Commission mentionnée à l'article XXVIII ;

c) Une taxe de cinq candarins par tonne sur tout navire de type non chinois et d'un tonnage supérieur à cent cinquante tonneaux entrant dans les ports de Shanghaï, de Wousong, ou dans tout autre port sur le Whangpou, ou en sortant ;

Les navires de type non chinois de cent cinquante tonneaux ou au-dessus, paieront le quart de la taxe indiquée ci-dessus. Ces taxes ne seront applicables à chaque navire, qu'une seule fois en quatre mois, quel que soit le nombre des entrées et sorties effectuées.

Les navires de types non chinois qui font la navigation du Yangtse et relâchent à Wousong uniquement pour y prendre leurs papiers de rivière, seront exempts des taxes susmentionnées, à la condition que ces navires ne se livrent à Wousong, tant à l'aller qu'au retour, à aucune opération commerciale. Ils auront cependant la faculté de se ravitailler à Wousong en eau et en vivres ;

d) Une taxe d'un dixième pour cent (0,1 °/°) sur toute marchandise déclarée aux douanes à Shanghaï, à Wousong, ou dans tout autre port sur le Whangpou ;

e) Une contribution annuelle du Gouvernement Chinois, égale à la contribution fournie par les divers intéressés étrangers.

XXXI. — La perception des taxes énumérées à l'article XXX sera effectuée par l'intermédiaire des autorités suivantes :

La taxe *(a)*, par les Municipalités respectives ;

La taxe *(b)*, à percevoir sur les ressortissants des Gouvernements représentés en Chine, par leurs Consuls respectifs; les taxes à percevoir sur les Chinois ou sur les personnes dont le gouvernement n'est pas représenté en Chine, par le Taotai.

Les taxes *(c)* et *(d)*, par la Douane Maritime Impériale.

XXXII. — Si le total des revenus annuels du Conseil ne suffisait pas au paiement de l'intérêt et de l'amortissement du capital à emprunter pour l'exécution des travaux, à l'entretien des travaux achevés et au service en général, le Conseil aura la faculté d'augmenter dans la même proportion, les diverses taxes sur la navigation, la propriété foncière bâtie et non bâtie et le commerce, jusqu'à un chiffre suffisant pour faire face aux nécessités reconnues. Cette augmentation éventuelle sera appliquée, dans les mêmes proportions, à la contribution du Gouvernement Chinois dont il est question au § de l'article XXX.

XXXIII. — Le Conseil devra informer à l'avance le Haut Commissaire des ports du Sud et le Corps Consulaire de Shanghaï, de la nécessité des augmentations prévues à l'article XXXII. Ces augmentations ne seront applicables que lorsque le Corps Consulaire de Shanghaï les aura approuvées.

XXXIV. — Le Conseil soumettra au Haut Commissaire des ports du Sud et au Corps Consulaire de Shanghaï, dans le délai de six mois après la clôture de ses comptes annuels, un rapport détaillé sur la direction générale et sur les recettes et dépenses pendant les douze mois précédents. Ce rapport sera publié.

XXXV. — Si les comptes de recettes et de dépenses exactement tenus et publiés, démontrent qu'il y a un excédent des recettes sur les dépenses, les taxes mentionnées à l'article XXX seront réduites proportionnellement et d'un commun accord entre le Corps Consulaire de Shanghaï et le Conseil fluvial. Cette réduction éventuelle s'appliquera, dans les mêmes proportions, à la contribution du Gouvernement Chinois dont il est question au § *(e)* de l'article XXX.

XXXVI. — Après l'expiration d'un premier terme de trois ans, les signataires examineront d'un commun accord celles des dispositions contenues dans la présente annexe, qu'il y aurait lieu de réviser. Une nouvelle révision pourra avoir lieu dans les mêmes conditions de trois ans en trois ans.

XXXVII. — Dans les limites indiquées à l'article XIII, et sous réserve de leur approbation par le Corps Consulaire de Shanghaï, les ordonnances du Conseil auront force de loi pour tous les étrangers.

Les Membres de la Commission instituée par les Plénipotentiaires Étrangers :

Signé : A. von Mumm,
W. W. Rockhill,
Beau,
Ernest Satow.

Les Plénipotentiaires Chinois :

Cachet du Prince King,

Cachet de Li-Hong-Tchang.

NOTE SUR LE CALCUL

DES

TRANSMISSIONS PAR POULIES ÉTAGÉES

PAR

M. Alphonse MUZET

La transmission de mouvement par courroies nécessite plusieurs calculs relatifs à l'adhérence, la résistance et à l'effet de la force centrifuge.

Pour calculer les dimensions de courroies, il existe de nombreuses formules, que viennent simplifier encore quantité de tables rendant le calcul relativement rapide.

Cependant, pour les poulies étagées (improprement appelées cônes), la courroie devant chausser chaque gradin, ceux-ci devraient être calculés pour qu'il en soit ainsi.

Il semble suffire, *à priori*, pour que la courroie puisse servir à tous les étages, que (en admettant n rapports de vitesse) l'on ait :

$$r_1 + r_n = r_2 + r_{n-1} = \dots \text{ etc.} \qquad (1)$$

Rigoureusement, la longueur de la courroie n'est constante que si celle-ci est croisée. Cependant, quand la distance de l'arbre moteur à l'arbre-conduit est assez grande on peut appliquer (1), la différence étant alors suffisamment compensée par l'élasticité de la courroie.

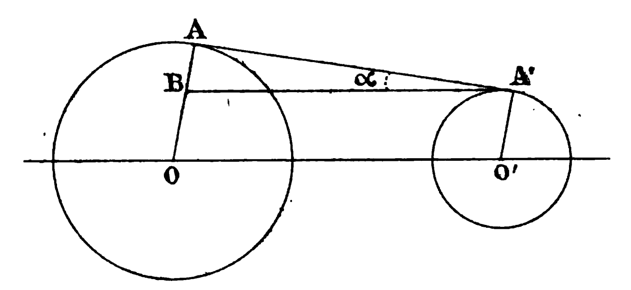
Mais quand ces arbres se trouvent rapprochés, comme cela a lieu pour les mouvements automatiques des machines-outils, il faut bien se garder, comme le font certains constructeurs, d'appliquer (1), qui conduit à de mauvais résultats, surtout s'il s'agit de machines de précision.

La méthode suivante permet d'éviter de fâcheux inconvénients.

Prenons, par exemple, le cas d'un cône à trois gradins.

Calculons la longueur L de la courroie en prenant comme point de départ l'un quelconque des gradins.

Donnons-nous, par conséquent, R_1 et r_1 les rayons de l'étage et d distance des arbres.



La formule connue :

$$L = 2\sqrt{d^2 - (R - r)^2} + \frac{\pi}{90}\left[n(R - r) + 90\,(R + r)\right] \quad (2)$$

donne la longueur de la courroie qui devra chausser les trois gradins du cône.

Dans cette formule, n est le nombre de degrés de l'angle α formé par la ligne des centres et une tangente AA′ représentant la courroie.

L'angle α lui-même est évidemment déterminé par la relation

$$\sin \alpha = \frac{R - r}{d}. \qquad (3)$$

Calculons maintenant le deuxième gradin.

Pour cela nous connaissons maintenant L et $\frac{R_2}{r_2} = K$; K étant l'inverse du rapport de vitesse que l'on veut obtenir.

Mais nous ne connaissons ni R_2, ni r_2, ni α qui varie avec chaque gradin.

Il existe alors 3 inconnues et seulement 2 équations, il nous manque donc une équation pour résoudre le problème.

Cette troisième équation, aisée à établir, nous conduirait à une formule finale beaucoup trop compliquée.

Simplifions donc en remplaçant dans (2), la valeur de l'arc par celle du sinus correspondant ; l'erreur commise est appréciée par la formule connue :

$$x - \sin x < \frac{x^3}{6}.$$

Ici, la pratique apprend que l'on peut faire cette substitution et trouver, cependant, un résultat exact pratiquement.

En opérant cette substitution, combinant (2) et (3), on obtient comme formule définitive :

$$\frac{L}{r} = 2\sqrt{\frac{d^2}{r^2} - (K - 1)^2} + 2\,\frac{(K - 1)}{d} + \pi(K + 1),$$

dans laquelle K est connu $\left(\text{c'est } \frac{R}{r}\right)$ ainsi que d et L.

Elle nous fixe r et, par suite, R puisque $r = \frac{R}{K}$.

Les 2[e] et 3[e] gradins étant ainsi calculés on est alors certain que la courroie se comportera convenablement sur les trois étages ; toutes choses étant égales d'ailleurs.

NOUVELLE APPLICATION

DES

PLATES-FORMES ROULANTES SOUTERRAINES

A TRACTION ÉLECTRIQUE

Pour le transport en commun des Voyageurs dans Paris

ET PARTICULIÈREMENT

ENTRE LA PLACE DE LA CONCORDE ET CELLE DE LA BASTILLE

en passant sous les grands boulevards

PAR

M. D.-A. CASALONGA

Quelques-uns d'entre vous se souviennent, sans doute, de l'avant-projet de Métropolitain dit « *Électro Métropolitain parisien* » qu'en 1893-1894, mon regretté camarade et ami C.-A. Faure et moi, nous présentâmes à la Ville de Paris. Cet avant-projet, notre sympathique Collègue Armengaud jeune, l'a rappelé par quelques mots, dans la brillante conférence qu'il nous fit le 20 février 1899. J'en avais moi-même présenté un résumé dans la séance du 20 juillet 1894, à la suite d'une communication de M. Haag, Ingénieur des Ponts et Chaussées, sur le Métropolitain de Berlin.

Malgré de nombreuses tentatives, faites auprès de la Ville de Paris, ou de particuliers, nous ne parvînmes pas à convaincre alors les Ingénieurs que la plate-forme roulante fût un moyen pratique de transport et même qu'un tunnel en profondeur, tel que celui que nous présentions, fût réalisable, étant donnés les obstacles de toutes sortes qu'offre le sous-sol parisien.

Il fallut le grand événement de l'Exposition de 1900 pour que la nouvelle initiative, cette fois plus heureuse, prise par quelques Ingénieurs, servie, du reste, par la hauteur de vues du Commissaire général M. A. Picard, fit aboutir le nouveau système de transport proposé, à l'exécution et à l'exploitation duquel devaient collaborer, ou participer, si brillamment MM. Blot, Armengaud

jeune, de Maucomble, notre regretté Collègue Guyennet, ainsi que M. Maréchal, Ingénieur des Ponts et Chaussées, auparavant attaché au Service de la Ville de Paris.

Le succès énorme de la nouvelle plate-forme fit justice des fameuse « chutes inévitables » et fit s'évanouir jusqu'à l'ombre d'une appréhension pour l'*embarquement* et le *débarquement*. Dans 7 mois d'exploitation, 7 millions de voyageurs payants furent transportés et aucun des historiens de cette installation et de son exploitation (1) n'a mentionné une « chute » ayant provoqué un accident grave.

Beaucoup d'entre vous connaissent, par la vue ou la description qui en a été donnée, les divers essais de *trottoirs roulants* effectués à Chicago, à Berlin, et notamment à Paris. Ces essais toutefois, ont été faits, jusqu'ici, en disposant la plate-forme au niveau du sol ou mieux à une hauteur suffisante, sur des palées; je ne sache pas qu'aucun inventeur, ou ingénieur, avant la proposition que nous en fîmes, Faure et moi, en 1894, et même depuis, ait proposé d'appliquer ces sortes de trottoirs en tunnel. C'est pourtant la seule application qui soit raisonnablement possible, au moins dans la plupart des cas, notamment au sein des villes populeuses et le long d'artères très fréquentées; à moins que l'on ne puisse consentir à entraver davantage la circulation à fleur du sol, à troubler la perspective établie, à gêner les locataires riverains, surtout ceux des étages inférieurs, qui auraient à souffrir du bruit insolite de l'appareil et des regards indiscrets des voyageurs.

C'est d'un tel projet souterrain, procédant de celui de 1893-1894, mais offrant diverses particularités nouvelles, que je vais vous entretenir.

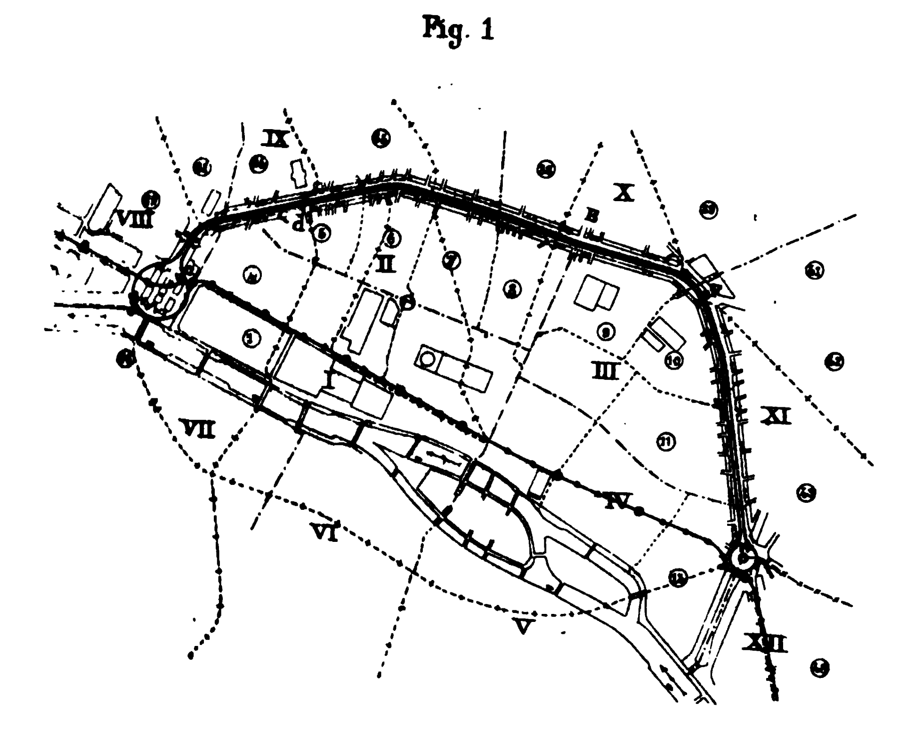
Ce projet que j'ai évoqué par quelques mots lors de la communication si intéressante que nous fit notre Collègue M. Marcel Delmas, dans la séance du 16 novembre 1900, sert de base à un réseau métropolitain parisien, d'environ 40 *km*, situé en dehors du tracé du réseau métropolitain actuellement arrêté; mais il a été plus spécialement étudié en vue d'une première application sur la ligne des grands boulevards intérieurs, entre la place de la Concorde et celle de la Bastille et présentant un développement, aller et retour, d'environ 10 *km*.

(1) M. Armengaud jeune, séance du 20 février 1889; M. Jovignon, Bulletin de janvier 1901 de la Société internationale des Électriciens; M. R. Masse, Ingénieur civil des Mines : *La mécanique à l'Exposition* (Veuve Dunod) livraison.

La figure 1, qui représente une partie de la zone centrale (rive gauche) de la Ville de Paris, montre l'itinéraire suivi par cette ligne, tracée en traits noirs accentués. C'est sur cette ligne que viendraient s'embrancher les divers prolongements ultérieurs dont quelques amorces sont indiquées en pointillés, et de chaque côté de laquelle sont inscrits les arrondissements et les quartiers intéressés directement et qui représentent une population dense de près de 1 million d'habitants.

Le système se distingue, tout d'abord, par ce premier carac-

Fig. 1



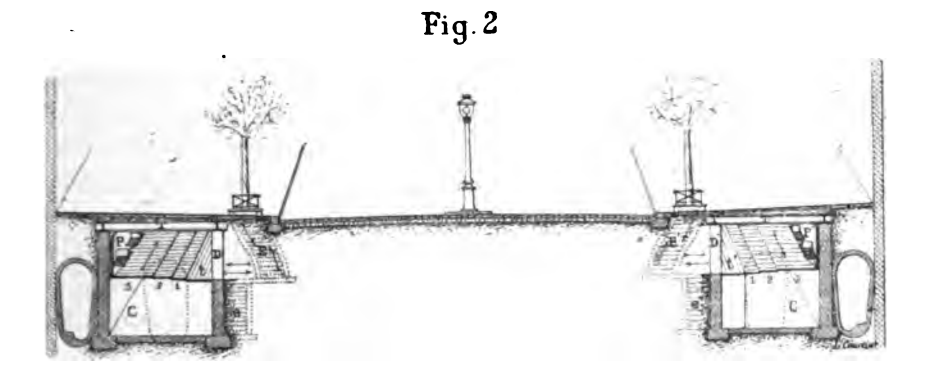
tère : que les bandes roulantes, au nombre de deux ou plus, au lieu de former une seule ligne, marchant toujours dans le même sens, ou deux lignes marchant, l'une dans un sens, l'autre dans le sens opposé, mais d'un mouvement dit « planétaire », forment deux lignes parallèles voisines, l'une allant dans un sens, l'autre revenant en sens contraire par le même chemin ; ces deux lignes se raccordant aux extrémités par des boucles circulaire terminus, du plus grand rayon possible.

La section du tunnel, dans lequel est logée la plate-forme rou-

lante, est, de préférence, de forme rectangulaire, à pieds droits sous poutres ou sous voûtes plus ou moins surbaissées, et creusé le plus près possible de la surface du sol, au lieu de l'être en profondeur, et de nécessiter des monte-charges ou tabliers mobiles.

Les figures 2 à 5 montrent diverses variantes de la disposition et de la section des tunnels. La figure 2 indique une disposition sous trottoirs, qui offrirait bien des avantages; mais il faut compter avec l'existence des égouts, des conduites nombreuses de gaz, d'eau, d'air comprimé, et des conducteurs électriques. Il faut aussi compter avec la ligne des arbres dont on ne doit pas blesser les racines. C'est pourquoi on a préféré disposer deux tunnels accolés, placés dans l'axe même de la chaussée, comme l'indique la figure 3, ou deux tunnels latéraux en accotement,

Fig. 2



un de chaque côté de cet axe, comme l'indiquent les figures 4 et 5. Cette dernière montre que cette disposition permet, non seulement l'insertion parallèle, le cas échéant, du tunnel métropolitain, mais même la conjugaison de ses quais avec les escaliers de chacun des tunnels de la plate-forme roulante.

On voit que ces tunnels étant très rapprochés de la surface du sol, les bandes mobiles placées vers le milieu de leur hauteur, se trouvent aussi, par cela même, aussi près que possible de cette surface, soit à 3,50 *m* en supposant un toit d'une épaisseur de 1 *m*, épaisseur qui peut être ramenée, par une construction soignée, fût-elle plus coûteuse, à 0,75 *m*; ce qui permettrait de porter la hauteur sous poutre à 3 *m*; ou bien à disposer le plan moyen des bandes à cette même distance de la surface. La partie inférieure du tunnel, d'une hauteur moyenne de 2 à 2,25 *m*,

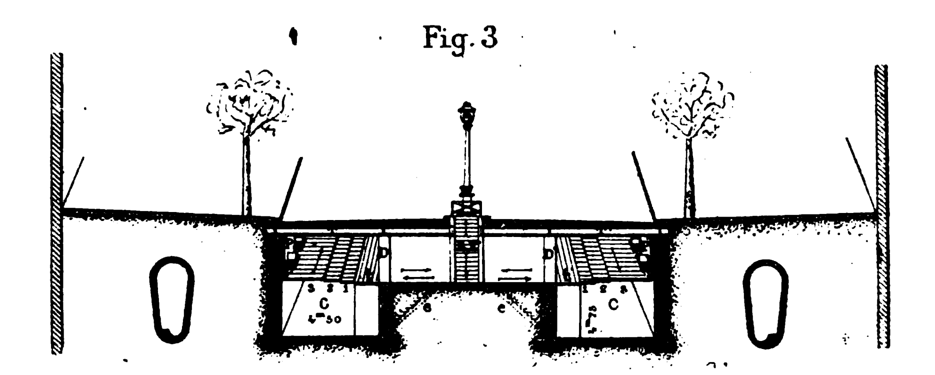
constitue un long couloir continu, destiné à l'installation et à la surveillance du mécanisme.

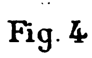
La plate-forme insérée dans chaque tunnel, lui servant d'enveloppe, a été supposée être, tout d'abord, à trois bandes, animées des vitesses correspondantes : 4, 8, 12 *km* à l'heure, vitesse qui parait suffisante, notamment pour les petits parcours, et étant donné qu'elle est sûre et continue; d'autant plus que tout voyageur pressé peut, en marchant, augmenter cette vitesse d'environ 5 *km*, ce qui porte la vitesse maximum à 17 *km* à l'heure. Une disposition à quatre bandes a néanmoins été étudiée pour donner satisfaction à l'esprit du moment. Elle permet d'atteindre 21 à 22 *km* à l'heure.

Par les considérations qui précèdent et la vue des premières figures 1 à 5, on voit que le tunnel, dans l'hypothèse où la section aurait 5 *m* sur 5 *m* dans œuvre, et où le plan moyen des bandes serait à 2,50 *m* sous un toit de 1 *m* d'épaisseur, placerait les bandes à 3,50 *m* au plus en dessous du sol. La fatigue des voyageurs, pour monter les escaliers, se trouverait donc très sensiblement diminuée, ce qui est un grand avantage, fût-il payé par une augmentation de dépense d'installation. Il résulte de cela que, sauf dans des cas exceptionnels, l'obligeant à plonger, le tunnel court toujours très près de la surface du sol et qu'il peut être établi non seulement en tranchée, mais de manière à ne gêner en rien la circulation sur les trottoirs, et à ne la gêner que très faiblement sur la chaussée, dont on n'emprunte qu'une partie de la moitié de sa largeur.

Ceux qui savent combien les rues et boulevards de Paris, comme, du reste, les rues et boulevards d'autres grandes villes populeuses, sont semés d'obstacles de toutes sortes, doivent douter que l'on puisse, actuellement, franchir en surface certains de ces obstacles : par exemple, le grand collecteur d'Asnières, qui traverse la place de la Concorde; celui qui passe par les boulevards de Strasbourg et de Sébastopol : le canal Saint-Martin; sans parler des servitudes qui résultent des prolongements éventuels des lignes de nos grandes Compagnies de chemins de fer, qui n'ont pas renoncé à entamer, comme l'a fait l'Orléans, le centre de Paris. Les dispositions adoptées pour les bandes et le tunnel permettent de franchir ces obstacles en diminuant, aux passages, la hauteur du toit, la hauteur sous poutre, au-dessus des bandes, et en relevant, quand cela est possible, le niveau du pavage; au besoin en créant un long refuge de 15 à 20 *m*.

Fig. 3




Fig. 4

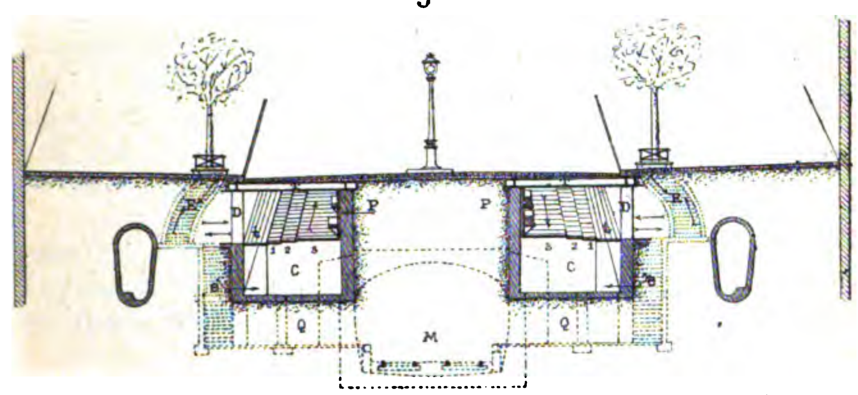


Fig. 5

La possibilité d'exécuter, en surface, un tunnel de section rectangulaire, offre de sérieux avantages. La construction est plus simple, plus sûre, plus économique. Non seulement la fatigue résultant de l'ascension des escaliers est moindre, mais moindre aussi est la variation entre la température extérieure et la température intérieure. Il est possible et facile d'appliquer aux voûtes ou voûtelettes une construction soignée qui rende les voûtes imperméables.

Le tunnel et sa plate-forme sont desservis par des escaliers espacés seulement de 200 *m*, de manière que tout voyageur qui se trouve près de la ligne, n'a jamais à effectuer un parcours supérieur à 100 *m*.

Les escaliers sont creusés en bordure des trottoirs, à la suite et en face l'un de l'autre, ayant un palier commun au centre duquel est un des arbres de la file qui court le long des boulevards. L'un de ces deux escaliers sert exclusivement à la descente; l'autre à la montée. Au bas de ces deux escaliers se développent des paliers, ou vestibules spacieux, où doit se faire la recette et qui sont de plain-pied avec le quai fixe d'embarquement et de débarquement qui court le long de la première bande mobile de la plate-forme.

L'estimation relative à l'établissement du tunnel, à la construction et à l'installation du mécanisme, à l'établissement de l'usine motrice, s'élève à 25 millions de francs, soit 5 millions par kilomètre de tunnel double.

Les frais d'exploitation ont été estimés à 2 millions de francs, y compris intérêt et amortissement.

Quant au nombre de voyageurs, on ne peut le déterminer d'une manière certaine. Plusieurs considérations, fournies par l'exemple journalier, permettent cependant de croire que, sur une ligne comme celle des grands boulevards, ce nombre sera très considérable.

La seule ligne Madeleine-Bastille, de la Compagnie générale des Omnibus, transporte 15 millions de voyageurs par an, et l'on peut estimer qu'elle en perd 10 millions faute de place. De plus, la ligne considérée est parcourue ou traversée par de nombreux autres omnibus et des tramways et dont quelques-uns y ont tout près leur tête de ligne. Le nombre de voyageurs qui, de la périphérie ou même de la banlieue, affluent au centre de la ville; celui des voyageurs qui, du centre, refluent vers cette même périphérie et cette banlieue, est considérable. L'exemple

Fig. 6

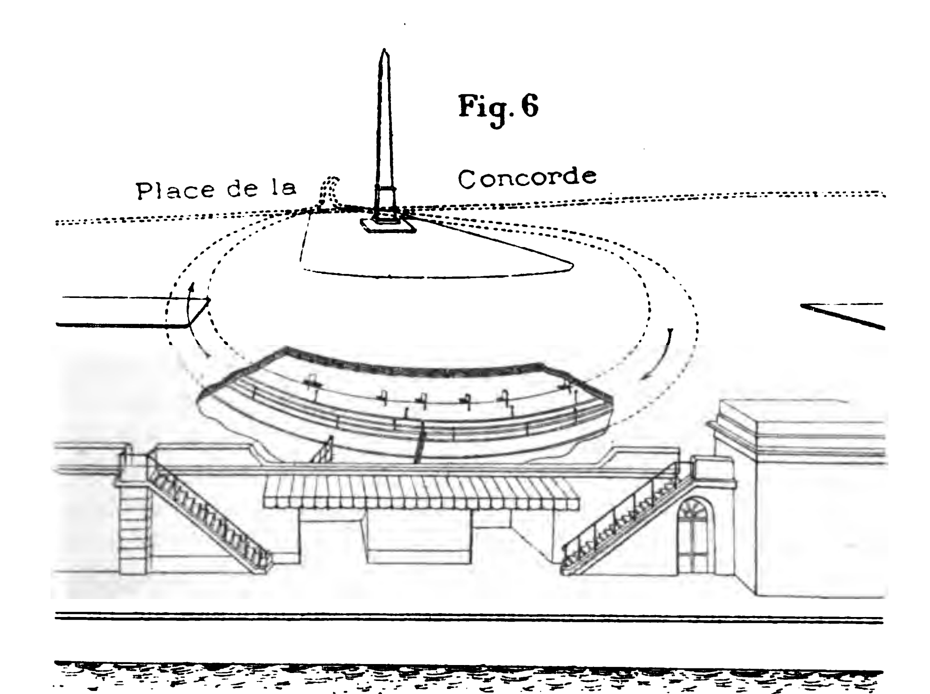
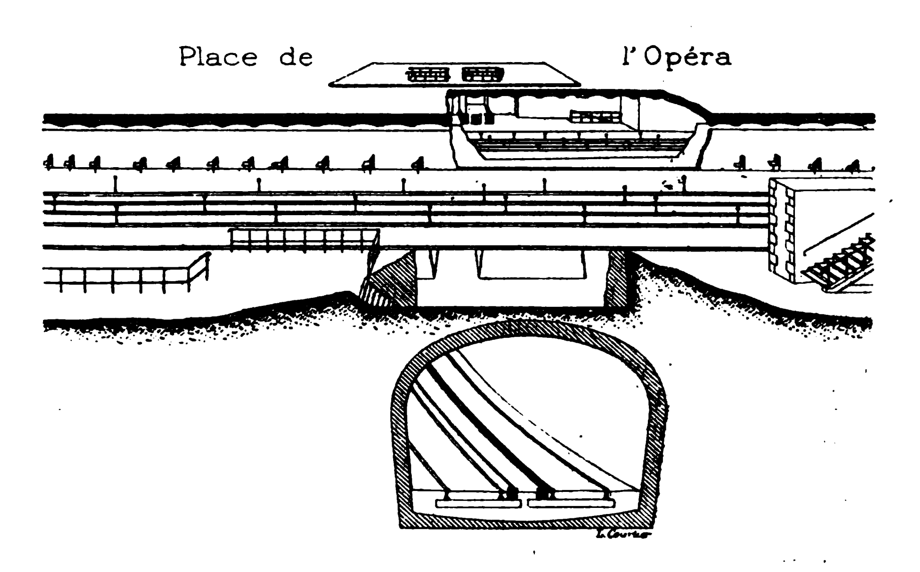


Fig. 7



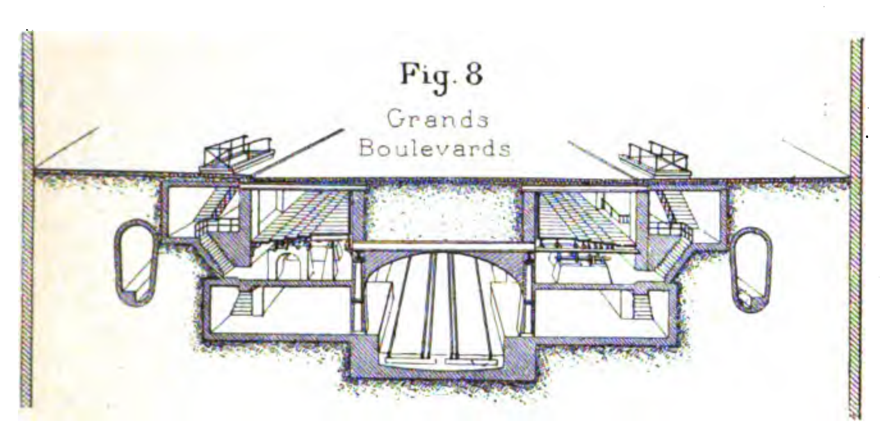
du Métropolitain, placé dans de moins bonnes conditions, et malgré certains inconvénients qu'on peut lui reprocher, montre qu'il n'est pas téméraire de compter sur un minimum de 30 millions de voyageurs. On est d'autant plus autorisé à admettre ce nombre comme un minimum que la ligne *a*, *b*, Concorde-Bastille, touche sur les quais de Seine, par une de ses boucles terminus, aux appontements de la Compagnie générale des Bateaux parisiens et que, par son autre boucle terminus, elle touche à la gare de Vincennes et à une des stations les plus importantes de la ligne métropolitaine; d'autre part, il rencontre plusieurs fois, en cours de route, ladite ligne métropolitaine. Ces circonstances montrent qu'il n'est ni impossible ni improbable d'admettre un nombre de voyageurs double du minimum supposé et peut-être un nombre plus grand. Quel autre système pourrait transporter, *commodément*, un tel nombre de voyageurs? Le prix du voyage est faible, la longueur du trajet aussi; plus de 10000 places assises sont offertes aux voyageurs. L'encombrement est donc impossible dans tous les cas; le débit ne peut être limité que par les escaliers qui sont au nombre de cent et plus.

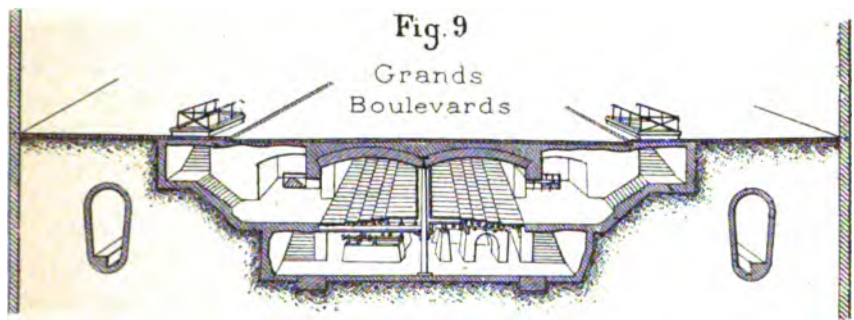
La figure 6 représente la boucle terminus de la place de la Concorde, dont les bandes mobiles sont disposées pour échanger, de plain-pied avec les quais, de nombreux voyageurs avec les bateaux parisiens qui sillonnent la Seine.

La figure 7 est une coupe en long, devant l'Opéra, sur laquelle des arrachements montrent les deux lignes montante et descendante, en même temps que la coupe en travers du tunnel de la ligne n° 3 du Métropolitain.

La figure 8 est une coupe en travers sur une partie des grands boulevards où le tunnel du Métropolitain serait établi en même temps que ceux des plates-formes roulantes; cette figure fait voir que les quais du Métropolitain pourraient être desservis par les escaliers mêmes de la plate-forme.

La figure 9 est également une coupe faite en travers d'un boulevard situé en avant de la place de la République. Là, les deux tunnels ont été supposés accolés, dans l'hypothèse où le tunnel du Métropolitain ne passerait pas en cette partie. On voit l'escalier de descente E de la ligne montante et l'escalier de montée *e* de la ligne descendante; l'escalier de montée E_1 de la ligne montante et l'escalier de descente *e'* de la ligne descendante ont été enlevés par la coupe. On accède du trottoir fixe *t* de chaque


Fig. 8
Grands
Boulevards


Fig. 9
Grands
Boulevards

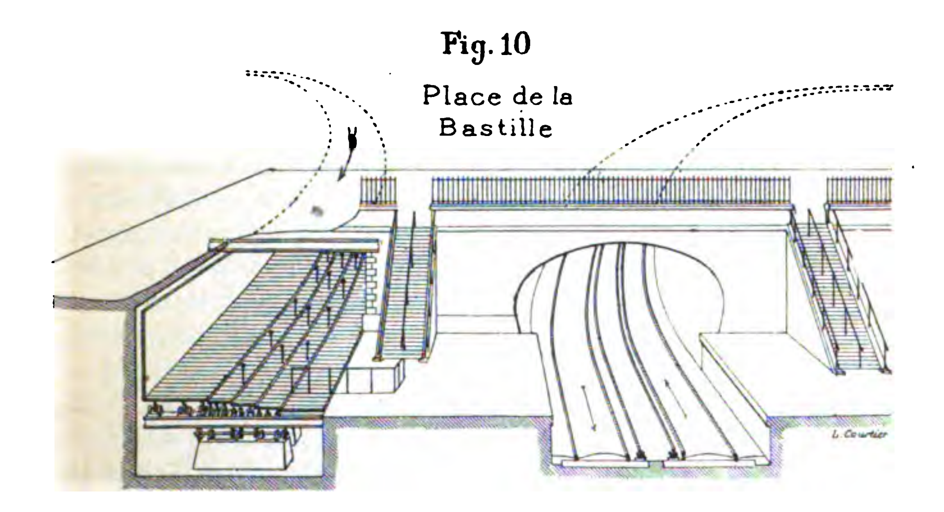

Fig. 10
Place de la
Bastille
L. Courtier

plate-forme aux couloirs M, M′ qui abritent le mécanisme, par des escaliers de service S, *s* et V, V_1 sous les vestibules.

La figure 10, enfin, est une vue de la place de la Bastille, où la seconde boucle terminus vient se raccorder, de plain-pied, tangentiellement, avec l'un des quais de la gare de la Bastille du Métropolitain, après avoir touché presque la gare de Vincennes.

L'application de la plate-forme roulante au transport des voyageurs, dans Paris, est une question digne de l'intérêt de tous les Ingénieurs civils, principalement des Ingénieurs parisiens, qui peuvent mieux se rendre compte, *de visu*, combien il est difficile, malgré l'adoption des meilleures organisations du matériel roulant, de donner aux voyageurs une satisfaction suffisante. Celle que donnerait la plate-forme serait complète; et en prenant, après les études sérieuses qu'ont l'habitude de faire ses Ingénieurs, l'initiative d'une telle application, la Ville de Paris ajouterait un rayon de plus à sa rayonnante couronne.

CONTRIBUTION A LA QUESTION

DES

VOLCANS ET DES TREMBLEMENTS DE TERRE

PAR

M. D. BECKER

Nous ne citerons que pour mémoire la théorie admise, et bien établie, des nébuleuses de Laplace, qui explique suffisamment la formation de la croûte terrestre. La terre se refroidissant par le rayonnement de sa chaleur propre dans l'espace, sa croûte se contracte en présentant des rides et des plis d'autant plus marqués qu'ils se sont formés aux points de moindre résistance. Ces rides ne sont autre chose que les chaînes de montagnes.

Milne attribue la production des tremblements de terre à des causes multiples qu'il classe en causes primaires ou principales et causes secondaires, se combinant pour produire des tremblements de terre, soit orogéniques, soit volcaniques. Les causes primaires sont : la chaleur tellurique, la chaleur solaire, les influences dues à la gravitation. Les causes secondaires sont celles dépendant des causes primaires, variation de température, pression barométrique, pluie, vent, influences attractives du soleil et de la lune produisant les marées de l'Océan, variations de distributions d'efforts sur la surface de la terre causées par les dégradations et les altérations dans la position des surfaces isogéothermales. Les tremblements de terre orogéniques seraient produits par la formation de failles, les tremblements de terre volcaniques par l'explosion de vapeur ou par l'infiltration d'eau jusqu'aux foyers volcaniques.

Les observations et les calculs ont démontré que le plus grand nombre des tremblements de terre ont leur origine dans l'Océan; une des preuves principales est dans les effets désastreux qui résultent des raz de marée.

Ce résumé, bien que très sommaire, montre néanmoins combien la question reste encore entourée d'obscurité. En présentant cette note, nous ne prétendons pas résoudre définitivement

le problème, mais nous croyons apporter un élément nouveau et aider à la connaissance de la vérité.

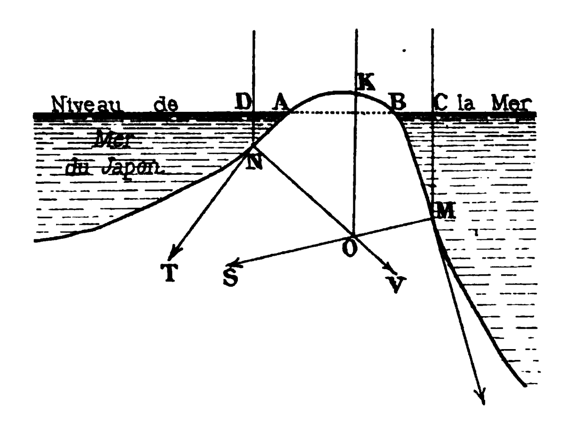
Il est évident, *a priori*, que tout mouvement d'un système est produit par des forces qui ont cessé d'être en équilibre. Cherchons si la croûte terrestre ne subirait pas des efforts très inégaux. Si la mer n'existait pas, sur les rides et la surface du globe s'exercerait seulement la pression atmosphérique, qui, bien que variable avec l'altitude des lieux, n'aurait, pensons-nous, qu'une action limitée sur l'équilibre du système. Si maintenant nous rétablissons les faits tels qu'ils existent et que nous prenions un point émergé et un point immergé de la croûte terrestre, le point émergé supportera la pression atmosphérique, le point immergé, en outre de cette pression, aura à porter la hauteur de la colonne d'eau qui le recouvre.

En examinant une carte de notre globe, on remarquera que les volcans sont généralement peu éloignés de la mer, et qu'un grand nombre se trouvent principalement dans les îles. En contrôlant les statistiques établies sur les tremblements de terre, on voit que les efforts sismiques se font surtout sentir dans les îles et sur les côtes bordées par des eaux profondes.

Nous essaierons de démontrer que les éruptions volcaniques et les tremblements de terre, qui sont des phénomènes concordants, c'est-à-dire s'exercant dans les mêmes régions, mais non simultanés, sont deux effets différents produits par la même cause.

Pour cette étude, nous choisirons le cas particulier du Japon; c'est, en effet, le pays qui a peut-être été le mieux étudié au point de vue des tremblements de terre, et à juste titre, étant données la fréquence et l'intensité des phénomènes sismiques qu'on y observe. Les statistiques, très nombreuses, ont nettement établi que les origines ou centres des tremblements de terre, au Japon, étaient le plus souvent situés dans l'océan Pacifique, c'est-à-dire du côté où se trouvent les grands fonds. Si nous examinons une carte du Japon, surtout du Japon septentrional, là où les phénomènes sismiques sont les plus fréquents, nous trouvons, courant du S.-O. au N.-E. de l'île principale, trois chaînes de montagnes parallèles, une chaîne médiane d'origine volcanique, une chaîne subordonnée Ouest du côté de la mer du Japon, également d'origine volcanique, et une chaîne subordonnée Est, du côté de l'océan Pacifique, non volcanique. On remarquera que la chaîne non volcanique se trouve du côté du

Pacifique, là justement où les phénomènes sismiques se font le plus vivement sentir. Si donc les éruptions volcaniques étaient produites par l'infiltration des eaux au milieu des masses en fusion, on n'expliquerait pas très bien pourquoi ces volcans seraient plutôt sur la ligne médiane de l'île au lieu de se trouver sur le rivage du Pacifique, ce qui semblerait plus naturel. On ne s'explique pas davantage pourquoi les points de moindre résistance se rencontreraient sur un alignement, au lieu d'être distribués irrégulièrement, d'autant plus que ce fait se constate non seulement au Japon mais dans tous les pays volcaniques.



Maintenant, soit une section du Japon septentrional en un point quelconque, faite suivant un plan vertical orienté de l'ouest à l'est. La ligne AB indique le niveau de la mer; à l'ouest de A, la mer du Japon; à l'est de B, l'océan Pacifique. Au-dessus de AB se trouvent les terres émergées, au-dessous, les terres immergées. A l'ouest de A, la mer du Japon n'atteint qu'une profondeur moyenne, relativement faible, de 1 800 *m*, et ses plus grands fonds ne dépassent pas 3 200 *m*, mais les fonds mêmes de 1 800 *m* sont fort éloignés des côtes. A l'est de B, le grand Océan atteint une profondeur supérieure à 8 000 *m* et des grands fonds commencent tout près des côtes. Si nous prenons un point M, à l'est de B, sur la côte immergée du Japon, ce point M supporte la pression atmosphérique, plus le poids de la colonne d'eau MC. Le point B ne supporte que la pression atmosphérique. Donc, entre B et M se trouvent des différences de pression croissantes et énormes. La pression au point M peut se décomposer en deux forces, l'une MR, tangentielle à la terre en M, produisant un effort de cisaillement, l'autre MS, normale en ce même point,

produisant un effort de compression. Prenons de même le point N à l'ouest de A, nous aurons la pression ND que nous pourrons de même décomposer en deux forces NT de cisaillement et NV de compression. La pente étant très douce de ce côté, la force NT sera très faible, mais l'effort de compression NV pourra être appréciable. Si, maintenant, des forces extérieures, telles par exemple, une surpression barométrique ou autres causes viennent s'ajouter à MR, on voit que le travail de cisaillement, qui tendait constamment à se produire, pourra rompre la cohésion du terrain, une faille s'ouvrira et le glissement des couches amènera un tremblement de terre plus ou moins violent suivant l'importance de la faille. Les phénomènes de glissement auront tendance à se produire du côté du grand Océan, non du côté de la mer du Japon et, en effet, on constate que les tremblements de terre, fréquents sur le Pacifique, sont des plus rares sur la mer du Japon.

Les deux forces normales MS et MV se rencontrent, d'autre part, en un point O, qui pourra être le centre de grandes compressions, donnant lieu à des crevasses, ou poussant verticalement suivant OK, dans les évents de la dislocation centrale déjà existante, les matières fluides fortement comprimées de bas en haut. Il semble que cela expliquerait que les volcans se trouvent plutôt sur la ligne médiane et du côté de la mer du Japon que du côté du grand Océan.

L'AÉRONAUTIQUE MARITIME (1)

PAR

M. E. SURCOUF

INTRODUCTION

I. — But.

L'homme s'est proposé de sillonner à son gré l'atmosphère du globe ; il est incontestable que c'est là une tendance de plus en plus impérieuse du progrès, et la solution des problèmes qu'elle pose paraît liée à l'évolution de la vie terrestre vers ses destinées inconnues.

Or, la surface de notre planète comporte une partie considérable, presque les trois quarts, occupée par l'élément liquide, et celui-ci est distribué généralement de telle sorte qu'il y ait intérêt ou nécessité à le franchir, pour relier entre elles les parties habitables du sol.

Il faudra donc, au-dessus de la mer comme au-dessus de la terre, procurer au sustentateur aérien la dirigeabilité verticale (ou équilibre stable) et la dirigeabilité horizontale (ou vitesse à direction stable).

Comment les obtenir? Y a-t-il des solutions immédiatement applicables? Dans quel ordre est-il logique d'en poursuivre la réalisation? Telles sont les premières interrogations qui sont venues à l'espritde l'inventeur au début de ses études d'aéronautique maritime ; il pourra sembler utile, pour préciser les conditions encore peu connues de cette variété de locomotion, de faire connaître les réponses auxquelles l'ont conduit ses recherches expérimentales, et les considérations théoriques qui les lui ont suggérées.

(1) Voir la table des matières, page 156, et la planche n° 16 à la fin du présent Bulletin.

II. — Caractères.

Les ascensions maritimes diffèrent des ascensions terrestres, principalement par l'existence sur mer d'une condition imposée de durée minima de la sustentation, durée qui dépend de la configuration géographique du littoral abordable, de la vitesse de l'aérostat et des changements de la direction du vent.

L'aérostat surpris au-dessus du sol par un orage, ou par une chute de neige, ou par une avarie grave, ou bien ayant épuisé normalement ses ressources de lest, en est quitte pour atterrir ; sur mer, il lui faut tenir bon et passer, ou périr, à moins d'un secours très aléatoire.

On se fait en général, en effet, une idée très inexacte de la densité de la circulation maritime. En dehors du voisinage des côtes où s'exerce le cabotage, les trajectoires des bâtiments ne forment aucunement un réseau, inextricable en apparence, de très fines mailles. Bien au contraire, les routes de navires sont des faisceaux de plus en plus denses à mesure que se perfectionnent les méthodes de navigation et les moyens de propulsion ; entre eux règnent de vastes solitudes nautiques, déserts où le temps ne pourrait apporter que le désespoir au naufragé aérien. Et non seulement les grands océans, mais les mers intérieures européennes même, en renferment ; les cartes spéciales de la mer du Nord et de la Méditerranée que M. Hervé s'est préoccupé d'établir pour signaler aux aéronautes la présence de ces étendues mortes, le montrent avec évidence.

Ainsi le ballon maritime, quel qu'il soit, doit posséder déjà, dans le seul but immédiat de prolonger assez la sustentation pour assurer la sécurité, des moyens d'équilibre infiniment plus puissants que ceux qui suffisent, à ce point de vue, aux ballons terrestres.

S'il s'agit d'un dirigeable, bien que sa vitesse lui permette d'abréger la durée de son séjour en mer, il n'échappera pas, pendant ce temps, aux actions perturbatrices ; quelques-unes de celles-ci pourront être atténuées par son mouvement propre accélérant l'équilibre thermique avec le milieu ambiant ; d'autres, comme les condensations aqueuses, seront aggravées par l'accroissement de sa surface spécifique. En outre, il pourra se trouver bien souvent ramené accidentellement d'une façon complète aux conditions rigoureuses des ballons ordinaires (notam-

ment par avarie de machine, épuisement du combustible, vitesse du vent très supérieure à sa vitesse propre et de direction dangereuse, etc.). Enfin, des difficultés spéciales, suscitées par le caractère précaire de sa stabilité propre, rendront plus délicate sans la rendre moins indispensable l'intervention de puissants moyens *auxiliaires* d'équilibre et de dirigeabilité.

« Heureusement, *la mer*, comme l'écrivait M. Hervé en 1886 (1), *offre à l'aéronaute de précieuses ressources dont il ne peut disposer sur terre.* Les ascensions de très longue durée y sont possibles dans l'état actuel de la science, car le seul obstacle capital serait le défaut d'étanchéité des enveloppes, et de nombreux faits ont prouvé que les étoffes vernies soigneusement par les procédés ordinaires tiennent le gaz d'une façon suffisante. *Quant aux autres actions perturbatrices (verticales), la présence d'une vaste étendue d'eau sous la nacelle d'un aérostat permet absolument de les corriger toutes* ».

La permanence de la sustentation ne dépend plus que de l'étanchéité. Contrairement au sol terrestre, la surface de la mer est libre d'obstacles ; la nacelle peut s'en approcher davantage, les appareils flottants ou immergés n'y sont pas exposés aux risques de se transformer inopinément en engins d'arrêt, ou de causer des dégâts ; la nature liquide de cette surface libre permet d'y employer à la production d'une dirigeabilité partielle étendue, des organes à réaction propulsive aquatique très efficace. Enfin la nappe d'eau constamment présente sous la nacelle tient à la disposition des aéronautes un lest toujours prêt pour les manœuvres aériennes, et de nombreuses dispositions peuvent, même si le contact de l'aérostat épuisé avec les flots devenait permanent, laisser subsister encore après le naufrage un espoir justifié de salut.

Jusqu'en 1886 cependant, la nécessité d'une technique spéciale n'avait pas été mise en lumière, et les voyages maritimes depuis celui de Blanchard, en 1785, ne se signalèrent, pendant un siècle, que par la proportion exagérée des catastrophes.

(1) *L'Aéronaute*, n° 143, 1886 : « Sur les ascensions maritimes ».

PREMIÈRE PARTIE

ÉQUILIBRE

CHAPITRE PREMIER.

Définitions. — Méthodes générales. — Histoire. Critique des procédés antérieurs à 1885.

La réalisation de moyens efficaces d'équilibre en mer était, comme on vient de le voir, d'un intérêt général, actuel et futur, et s'imposait avant toute autre recherche d'aéronautique maritime.

M. Hervé distingue ici quatre sortes d'*états* d'un sustentateur aérien :

E. captif (au point fixe) ; — *E. dériveur* (ascension dite « libre ») ; — *E. dériveur retardé* (marche sous résistance, guide-rope, déviateur, etc.) ; — *E. automobile ou libre* (celui d'un aérostat libre d'aller où il veut, c'est-à-dire dont la vitesse propre est toujours supérieure à celle du vent).

L'équilibre est stable, instable ou indifférent.

Les perturbations de l'équilibre sont d'ordre : *statique* (variations de la pesanteur), ou *dynamique* (variations de la vitesse).

Les corrections des perturbations peuvent être : statiques (réaction du sol), cinétiques (réaction d'un plan incliné sur un fluide en mouvement), thermiques (dilatation d'un gaz par la chaleur), chimiques (dissolution d'un gaz, par exemple dans un liquide comme pour l'ammoniaque) ; ces quatre modes s'appliquent à chacun des deux ordres de perturbations.

Le problème fort complexe de la correction des perturbations statiques qui nous occupe seul dans ce chapitre était heureusement susceptible de deux genres de solutions : soit par la *méthode dépendante*, c'est-à-dire au moyen d'organes en contact temporaire ou permanent avec la mer ; soit par la *méthode indépendante*, procurant l'équilibre à toute altitude requise, sans communications avec la surface liquide.

Mais il était indispensable que la première fut employée *d'abord*, car l'équilibre dépendant comporte des solutions complètes ca-

pables de procurer avec un aérostat rigoureusement étanche une sustentation indéfinie et qui, étant automatiques et simples, sont d'une sûreté si parfaite que l'on est naturellement amené à les prendre pour point de départ des expérimentations de ce genre, en écartant provisoirement les corrections cinétiques et thermiques, par exemple, malgré les résultats importants dont celles-ci sont susceptibles.

Un bref aperçu de l'histoire des engins maritimes d'équilibre montrera l'état rudimentaire de la question au commencement de 1885, au moment des premières expériences de M. Hervé sur ce sujet. Il n'y a pas lieu de citer les ascensions maritimes dans lesquelles aucun engin particulier d'équilibre n'a été employé et qui ont été ou involontaires, ou réalisées grâce seulement à un coup de vent favorable.

Pilâtre de Rozier, 1785. Essai d'ascension avec un système thermique (montgolfière cylindrique et ballon à gaz). Mort.

Zambeccari, 1809. Même procédé que celui de Pilâtre (montgolfière conique avec lampe au lieu de réchaud). Accident.

Tifernate, 1819. Procédé statique : projet d'une *échelle de cordes*, munie de sphères métalliques aux extrémités des barreaux, destinée à former frein dans la mer et à équilibrer l'aérostat à la descente au niveau de l'eau, pour communications ou atterrissage.

Green, 1836-1851. Procédés statiques : *Corde à flotteurs*, ou guide-rope de 300 *m*, munie de trois bouées imperméables, réparties sur la longueur afin d'empêcher le plongement de la corde, cause d'une grande résistance à la marche. Expériences de 1836 et 1851.

Corde à seaux : (Invention du procédé de prise d'eau de mer comme lest). Projet de guide-rope de 300 *m*, muni de seaux disposés en godets de noria. La longueur du système est variable au moyen d'un petit treuil placé dans la nacelle.

Hervé, 1885. **Principe de la *stabilisation intégrale* : (Flotteur peu résistant et de grande puissance statique (1), permettant la correction de toutes les perturbations statiques + ou —). (Expériences sur le lac de Genève ; carène simple et chapelet de carènes ou stabilisateur articulé discontinu) (2).**

Principe de la *stabilisation d'inclinaison* en dérive retardée [gréement triangulaire et séparation de l'organe résistant (léger) et de l'organe équilibreur intensif (3) (flotteur ci-dessus) à résistance faible]. Expériences sur le lac de Genève.

Principe de la *compensation hydropneumatique :* prise d'eau de mer par raréfaction dans un réservoir amené au voisinage de l'eau. (Projet.)

Lhoste, juillet 1886. *Corde à seaux :* deux seaux sont fixés aux extrémités d'une corde passant sur une poulie placée au cercle de suspension, variante du procédé de Green. (Essai sur la Manche.)

(1) Puissance statique d'un stabilisateur : rapport du poids de cet organe au poids ascensionnel initial de l'aérostat.

(2) Le journal l'*Akhbar*, d'Alger, publiait le 28 mai 1885, plus d'un an avant la traversée de la mer du Nord, sur les ascensions maritimes, un article contenant les lignes suivantes, qu'il peut être intéressant de rapporter à ce propos :

« M. Hervé vient d'imaginer une combinaison curieuse en vue d'expériences maritimes qu'il se propose d'exécuter à ses frais sur la Méditerranée, et qui seront précédées par des expériences tentées sur le lac de Genève. Les appareils imaginés par M. Hervé sont, en principe :

« 1° Un équilibreur automatique composé d'un flotteur métallique fusiforme maintenu à l'extrémité d'une corde fixée au gréement de l'aérostat. Le poids de cet organe est calculé de manière à corriger pendant un laps de temps déterminé toutes les tendances ascensionnelles ou descensionnelles. Le flotteur est plus ou moins immergé, mais l'aérostat ne peut, en aucun cas, être entraîné vers les hautes régions, et sa chute ne saurait plus être déterminée que par les fuites de l'enveloppe si le voyage devait être prolongé au delà des limites maximum prévues. La longueur de la corde du flotteur est le tiers de celle du déviateur. »

Et plus loin : « Ainsi, le ballon flotte toujours à la même hauteur, grâce à son équilibreur automatique qui doit, même à la fin du voyage, et quelles que soient les circonstances atmosphériques, lui conserver un excédent de force ascensionnelle... Les ascensions aérostatiques maritimes pourront donc atteindre, à l'avenir, une durée de plusieurs jours, tout en offrant à l'expérimentateur une sécurité suffisante. »

(Reproduit par la *Dépêche Scientifique*, le *Bulletin de l'Académie d'Aérostation*, etc.).

(3) Intensité d'un stabilisateur : quotient de son poids par la course verticale correspondant à la réaction statique complète.

Réservoir traînant, à remplissage transversal et improprement qualifié de flotteur; l'appareil remorqué verticalement est, en outre, destiné à former résistance pour produire la dérive retardée. (Essai sur la Manche.)

Procédé dynamique : Hélice verticale à main. (Essai sur la Manche.)

Hervé, septembre 1886. *Forme à cônes polaires lisses*, pour l'écoulement des condensations aqueuses. (Essai sur la mer du Nord). Procédé *préventif* de certaines perturbations statiques.

Stabilisateurs funiculaires d'inclinaison (serpents), intensifs, puissants et peu résistants, remplaçant le flotteur de 1885 dans les mêmes fonctions. (Essai sur la mer du Nord.)

Principe de la *récupération statique* d'équilibre en descente, par les stabilisateurs intensifs dont l'action à distance remplace en partie, les jets de lest, et par le compensateur qui complète la récupération en reprenant le reste du lest de descente, manœuvre impraticable sur terre.

Essai du *compensateur hydropneumatique* sur la mer du Nord.

Andrée, 1895-1897. Procédé statique : faisceau de guide-ropes. (Emploi sur la Baltique et dans l'Océan glacial). Disparu.

Sallé, 1897. Flotteur résistant à réaction immersive; procédé statique. (Projet.)

Hervé, 1901. *Stabilisateur articulé continu*, à haute intensité pour les trois fonctions de ces engins : comme stabilisateurs d'altitude en basse région, comme stabilisateurs d'inclinaison en dérive retardée, comme récupérateurs de lest. (Expérimentation sur la Méditerranée.)

On voit que, en dehors du guide-rope de Green, il n'existait à peu près aucun engin, aucun procédé particulier d'équilibre en mer avant les constructions et les expériences réalisées par M. Hervé en 1885 et en 1886.

En effet, en ce qui concerne la *méthode des seaux* de Green, modifiée par Lhoste, la distance de l'opérateur à la surface de la mer, la résistance de translation du récipient mobile, la réaction émersive de sa paroi extérieure dès le début du remplissage, rendent impraticable cette méthode, d'ailleurs trop laborieuse et lente, dès que la vitesse de translation cesse d'être très faible.

Le procédé du *réservoir traînant* ne permet pas une modification partielle connue de son contenu, ce qui constitue non seulement un inconvénient, mais un danger, sa résistance comme équilibreur est beaucoup trop considérable et provoque un retard excessif; cette résistance, comme moyen retardateur systématique, est dépendante des perturbations statiques qu'on veut lui faire corriger en même temps et qui modifient l'immersion; enfin, le réservoir traînant constitue une *résistance symétrique* (1), ce qui exclut son emploi avec les méthodes, seules efficaces, de déviation par résistance active, ainsi que nous le verrons par la suite.

D'autre part, le guide-rope lui-même est, par sa grande longueur, par sa faible intensité, par sa *résistance longitudinale considérable*, inapte à corriger à la fois, soit successivement, soit simultanément les perturbations statiques, comme celles qui se produisent seules dans l'état dériveur, et les perturbations dynamiques verticales, comme celles qui se manifestent dans l'état dériveur retardé *et s'y superposent aux premières*. En d'autres termes, un équilibreur perdrait ses aptitudes stabilisatrices d'inclinaison, si on lui donnait, avec la longueur ordinaire des guide-ropes, le poids nécessaire aux corrections statiques et dynamiques. D'autre part, il est impossible d'emporter à bord deux engins *d'une grande puissance statique*, assurant leur efficacité, l'un de faible, l'autre de haute intensité, et cette mesure serait d'ailleurs inutile, car, pour les stabilisateurs intensifs, la puissance et l'intensité, réunies en eux, comme l'exige leur double fonction, n'excluent pas une longue *distance d'action*; il suffit, en effet, de faire varier la touée du stabilisateur, comme l'inventeur en

(1) Résistance qui est indépendante de l'orientation primaire du système aérien, c'est-à-dire qui s'exerce avec une égale intensité dans tous les sens, pour un même état d'équilibre.

possède les moyens dans ses ballons maritimes, en filant ou halant sa remorque (n'ayant, elle, que le poids exigé par la quantité nécessaire de sa résistance physique) pour exercer l'action stabilisatrice à une distance approchant de l'altitude moyenne d'équilibre d'un long guide-rope, et cela grâce à l'application du principe de l'intensité.

Pour l'équilibre au guide-rope, en effet, la course correspondant à une réaction statique donnée est constamment proportionnelle à l'intensité de la perturbation; autrement dit, l'altitude est dépendante de l'équilibre et inversement proportionnelle à l'intensité de la perturbation. Pour l'équilibre au stabilisateur, la course, dans les limites de l'utilisation normale, est moindre que la longueur du stabilisateur (le coefficient d'utilisation étant, par exemple, 0,7), et le rapport de cette longueur à l'altitude du point d'attache étant très faible, on peut admettre que l'altitude est sensiblement indépendante de l'action perturbatrice.

La longueur utile d'un stabilisateur étant, par exemple de 6 *m*, si la touée est telle que l'altitude moyenne du sustentateur atteigne 200 *m*, le *rapport d'instabilité*, ou rapport de la course stabilisatrice à l'altitude initiale, est seulement 1/33 (0,03). Il serait, au contraire, de 1/1,43 (ou 0,7) avec un guide-rope de même poids et de même coefficient d'utilisation, correspondant à la même altitude et dans les mêmes conditions de résistance, etc. Si l'on voulait que l'altitude *minima* du ballon au guide-rope fût la même que celle du ballon au stabilisateur, il faudrait tripler la longueur précédente du guide-rope.

Dans le cas du stabilisateur, le poids du câble de remorque donne lieu à un rappel statique de verticalité; son action contribue, malgré l'émergence constante de cet organe à l'utilisation statique.

On voit que le guide-rope ne saurait rendre les mêmes services que le stabilisateur, et s'il possède la propriété de pouvoir commencer à agir à des altitudes plus grandes qu'un stabilisateur équivalent, il demeure impropre à la stabilisation d'inclinaison, indispensable au fonctionnement des appareils *efficaces* de déviation, et il peut être remplacé dans une large mesure par les stabilisateurs à longue touée. D'où son exclusion du matériel maritime de M. Hervé.

Constatons enfin, pour terminer cette critique des rares procédés mis en œuvre ou préconisés avant la date des premières

expériences de cet Ingénieur, l'absence complète, même de toute indication, d'un moyen quelconque de stabilisation d'inclinaison, question vitale cependant, d'où dépendait l'efficacité des solutions admissibles.

Chapitre II.

MOYENS D'ÉQUILIBRE D'UN MATÉRIEL MARITIME HERVÉ

A. — **Méthode dépendante : Stabilisateurs et compensateurs.**

Examinons maintenant les moyens adoptés par l'auteur pour son matériel aéronautique maritime, en vue de remplir les conditions variées et complexes de l'équilibre au-dessus de la mer.

Ces moyens sont au nombre de six principaux :

1° Modification du poids de l'aérostat par la réaction statique d'un organe immergé;

2° Modification du poids par admission ou évacuation de liquide emprunté à la mer;

3° Obstacle aux modifications perturbatrices du poids dues à la pluie;

4° Modification de la limite supérieure d'équilibre, par déplacement constant;

5° et 6° Modifications thermiques de la densité du gaz.

Les genres d'appareils qui réalisent les deux premiers sont les *stabilisateurs* et les *compensateurs;* ils relèvent tous deux de la « méthode dépendante », qui a fait et devait faire, la première, l'objet de telles études, ainsi que nous l'avons constaté plus haut. Leur *gréement* constitue un dispositif caractéristique de cet ensemble.

Les quatre derniers moyens constituent la « méthode indépendante »; ce sont : *la forme à cônes polaires* (le seul que, en raison de son caractère préventif, M. Hervé ait expérimenté dès le début); *le ballonnet stabilisateur; l'enveloppe à circulation forcée;* enfin, *l'équilibreur thermostatique.* Ceux-ci seront étudiés plus tard.

FONCTIONS.

I. — Stabilisateurs statiques.

Ces organes ont pour but de réaliser la *stabilisation intégrale,* la *stabilisation d'inclinaison*, la *récupération descensionnelle*, trois des cas du problème général d'équilibre. Examinons ces fonctions d'abord, nous en décrirons ensuite les organes.

Leur commune méthode est *l'utilisation par l'aérostat du plan d'équilibre fourni par la surface de la mer*, en substituant à la nacelle, qui ainsi ne sera plus exposée à l'assaut des vagues, une autre carène, assez puissante pour être efficace, faite pour ce contact brutal, et qui permettra à l'aérostat de se reposer, pour ainsi dire, comme certains oiseaux de mer, à la surface des flots.

Leurs caractères communs sont : une *grande puissance*, une *grande intensité* et une *faible résistance* à la translation. Ces engins sont destinés à préserver occasionnellement la nacelle d'un contact funeste avec la mer, mais *nullement à être les organes d'un procédé de navigation systématique constante à fleur d'eau.* Leur emploi est le complément nécessaire de la mise en œuvre des moyens de la méthode indépendante; il devra demeurer facultatif dans toutes les circonstances normales de la navigation aéromaritime future en restant sa sauvegarde éventuelle; l'imperfection seule de nos sustentateurs actuels nécessite l'exagération, et seulement dans l'une de leurs fonctions (la stabilisation intégrale) du rôle qui est dévolu à ces organes et dont dépend la sécurité, condition primordiale de toute expérience de ce genre.

(a) *Stabilisation intégrale.* — Cette première fonction consiste à corriger, par la seule réaction statique d'un corps flottant, toutes les perturbations d'origine statique et thermique. Ce résultat serait impossible si l'on n'excluait pas d'abord de ce nombre la *neige* et le *givre* qui peuvent charger un aérostat d'un poids bien supérieur à ses ressources ascensionnelles totales.

Ces deux fléaux de l'aéronautique, dans les contrées très septentrionales surtout, et dont M. Hervé a jadis montré tous les dangers, ont vraisemblablement causé la mort, trop facile à prévoir, d'Andrée et de ses compagnons. Une forte pluie peut surcharger un aérostat, comme le *Méditerranéen*, de plus de 200 *kg* d'eau. Une condensation vespérale de 25° peut, en outre, provoquer une rupture négative d'équilibre d'environ 300 *kg* pour

le même ballon. De plus, l'action de la pluie et celle de cette variation thermique négative sont susceptibles de simultanéité. D'autre part, comme la résistance de translation du corps flottant ne saurait être nulle, celle-ci donne lieu à une composante descensionnelle de la pression du vent sur le système aérien, et il faut, pour conserver à l'aérostat une altitude suffisante, produire un couple de rappel vertical au moyen d'une augmentation de poids du flotteur et d'un accroissement de la force ascensionnelle du ballon. L'état dynamique concomitant est cause que l'utilisation stabilisatrice du corps flottant ne saurait être totale ; il existe donc pour cet organe un « rendement statique » et celui-ci est d'autant moins élevé que le flotteur est plus résistant.

On voit que, dans ces conditions, le flotteur constitue un véritable *lest perpétuel*; tant que la valeur statique utile de celui-ci aura été réservée, la durée de la sustentation ne dépendra que de l'étanchéité de l'aérostat.

(b) *Stabilisation angulaire.* — Elle est destinée à la correction statique des perturbations dynamiques de l'équilibre vertical.

En dehors du moyen précédent de correction des perturbations statiques, M. Hervé a considéré comme indispensable, dès le début de ses expériences d'aéronautique maritime en 1885, de créer d'autres méthodes, appliquées à un cas dont on ne s'était pas préoccupé jusque-là, et cependant d'un intérêt capital, du problème de l'équilibre : celui des sustentateurs dans l'état dériveur retardé, par exemple dans la marche au déviateur, au guide-rope sur terre ou sur mer, au cône ancre, dans la période de freinage qui précède la prise de l'ancre terrestre, dans la marche des cerfs-volants voyageurs, des ballons ou des cerfs-volants porte-amarres, etc.

Aucune précaution spéciale ne serait utile si le vent était un courant homogène, à vitesse constante ou même lentement variable; mais il suffit d'observer les mouvements, par exemple, d'un ballon captif de peu d'inertie, ceux des arbres etc., et, à plus forte raison, les indications des anémomètres à équilibre, pour constater non seulement l'existence de rafales aériennes, perceptibles d'ailleurs directement, mais encore celle de pulsations de plus ou moins grande amplitude, trahissant le « régime intérieur du vent », suivant l'expression de M. Langley qui a publié, en 1890, une étude approfondie de ce phénomène. Or, c'est cette

existence de *vagues aériennes* qui a paru à l'Ingénieur Hervé, à l'origine de ses recherches, nécessiter la mise en œuvre de puissants moyens correctifs des brusques variations angulaires verticales de la traction que déterminent les ondulations atmosphériques, distinctes des remous provoqués par les obstacles terrestres, susceptibles, par conséquent, de se manifester sur les étendues libres de la mer, et d'y causer les oscillations ou embardées verticales habituelles.

L'emploi de moyens spéciaux s'imposait, en outre, d'une façon plus pressante pour remédier à une circonstance encore plus dangereuse des brusques variations de la puissance et qui se traduit par le phénomène appelé « rabattement » en aéronautique et déterminé non seulement en certains cas par des *lames de fond* aériennes, mais aussi par le synchronisme fortuit des perturbations dynamiques, c'est-à-dire des périodes d'une série d'ondes aériennes et des oscillations pendulaires du sustentateur.

Ces considérations ont conduit l'inventeur à faire précéder ses recherches sur les engins d'arrêt, de freinage ou de déviation, d'une solution du problème de la stabilisation angulaire verticale, sans laquelle il n'existe pas de sécurité pour l'expérimentateur, et sans laquelle aussi le fonctionnement des meilleurs engins est constamment troublé et finit par en rendre l'emploi impraticable. Le succès de sa longue ascension maritime de 1886, à bord du *National*, muni, dès cette époque, de ses *stabilisateurs statiques d'inclinaison*, leur a été dû pour la plus grande part.

Leurs principes sont : 1° l'attribution à deux organes complètement distincts, des fonctions : résistance (active ou passive) et équilibre ; ces organes n'ont de commun dans le gréement que leur point d'attache. La conséquence particulièrement importante de cette spécialisation des fonctions est la formation de l'agencement caractéristique que M. Hervé appelle *triangle de stabilisation* (*fig. 1*) et qui est constituée par la commande AB de l'organe résistant, par celle BC de l'organe équilibreur, et par le plan AC de la surface de la mer ; 2° le choix, pour le gréement de ces deux engins, de proportions définies, correspondant à l'efficacité optima du triangle de stabilisation. Soient α l'angle de traction, β l'angle stabilisateur, B l'angle d'inclinaison au point d'attache ; le rapport des distances respectives du point d'attache B, à l'organe résistant et à la mer, ou sinus de l'angle d'inclinaison α, est au minimum de 0,50 et au maximum de 0,25, l'effet stabilisateur total devant se produire normalement dans la limite de

cette variation qui correspond, pour α, à une valeur moyenne de 22° environ. L'angle stabilisateur β, formé par les commandes des deux organes résistant A et stabilisateur C, doit avoir pour limite inférieure la moitié de l'angle d'inclinaison B. L'*efficacité du gréement* stabilisateur serait, pour une résistance nulle du stabilisateur, proportionnelle à cosinus α; la résistance de cet engin ramène l'efficacité à : cos α — cos γ'. Les dimensions du triangle peuvent être aussi variables que les applications l'exigent; seules les proportions sont déterminées; 3° l'établissement d'un organe

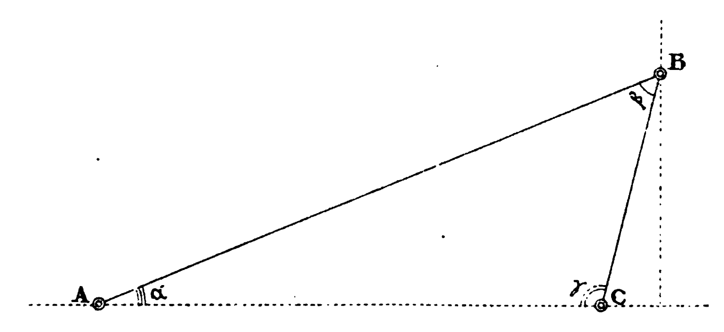


Fig. 1.

stabilisateur, de *faible résistance*, afin que son action s'exerce sensiblement sur la verticale de son point d'attache; de *grande puissance statique*, dans le but de corriger efficacement les variations de la composante descensionnelle de la pression du vent sur l'aérostat; enfin, de *grande intensité*, pour réduire au besoin les dimensions du triangle de stabilisation, et surtout pour diminuer la quantité de mouvement du système aérien.

Ainsi se trouvent étroitement limitées les embardées verticales qui avaient auparavant pour conséquence redoutable le rabattement, dans les circonstances souvent difficiles, de la dérive retardée par un simple cône-ancre (*fig.* 2).

Il est visible que si l'on veut réaliser simultanément la stabilisation intégrale et la stabilisation angulaire, il faut donner au corps flottant un supplément de puissance statique, correspondant à la composante descensionnelle de la pression dynamique avec un certain coefficient augmentatif concernant le rappel de verticalité.

Ces considérations pourront montrer dans quel but la somme des actions stabilisatrices, pour le cas spécial du *Méditerranéen* avait été portée à plus de 800 *kg* dans le matériel normal.

On remarquera encore, avant d'aborder l'examen des organes stabilisateurs, que la méthode intensive et celle du gréement

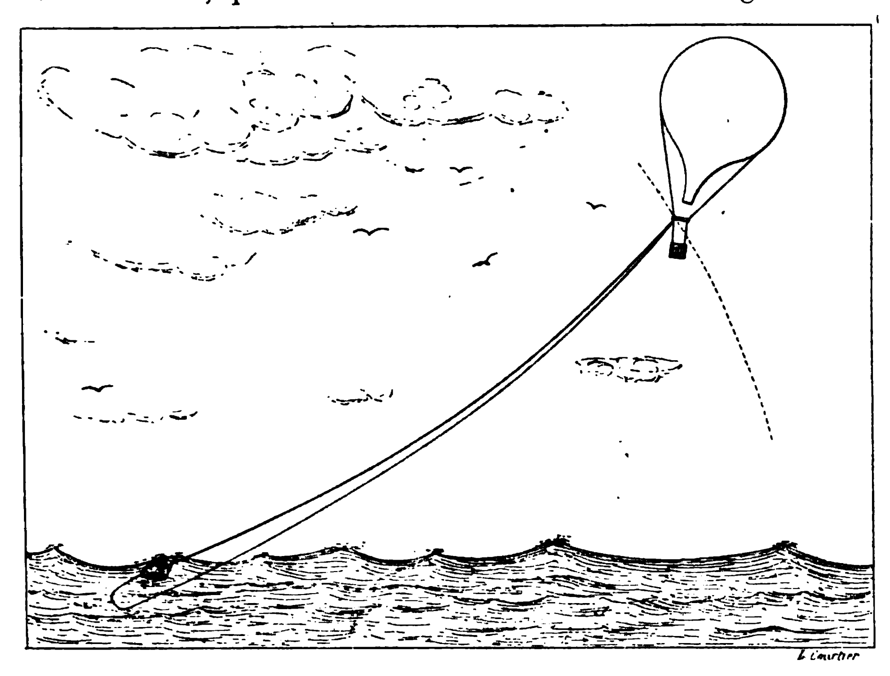


Fig. 2.

triangulaire sont susceptibles d'applications possédant un caractère intéressant de généralité. Elles ne sont pas limitées, en effet,

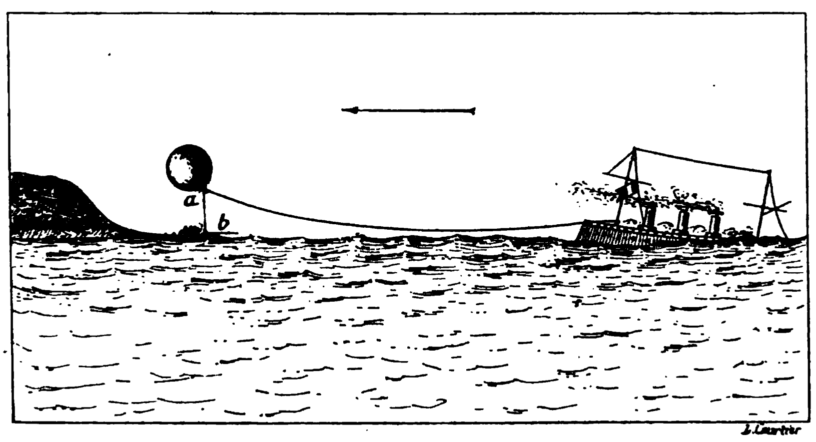


Fig. 3.

au cas des *ballons à déviateurs maritimes*. Tous les genres de sustentateurs les utilisent avec profit dans l'état dériveur retardé :

sur terre, à *l'atterrissage* où les « serpents » facilitent, depuis longtemps déjà, la prise de l'ancre et apportent aux manœuvres finales un important élément de sécurité; sur terre aussi contre le rabattement dans la *marche au guide-rope*, avec ou sans voile; sur mer et sur terre dans le fonctionnement des *cerfs-volants voyageurs*, des *ballons non montés explorateurs* des basses régions; sur mer pour les *ballons et cerfs-volants porte-amarres (fig. 3)*, qu'elles rendent accessibles aux sauveteurs recevant du navire le moyen

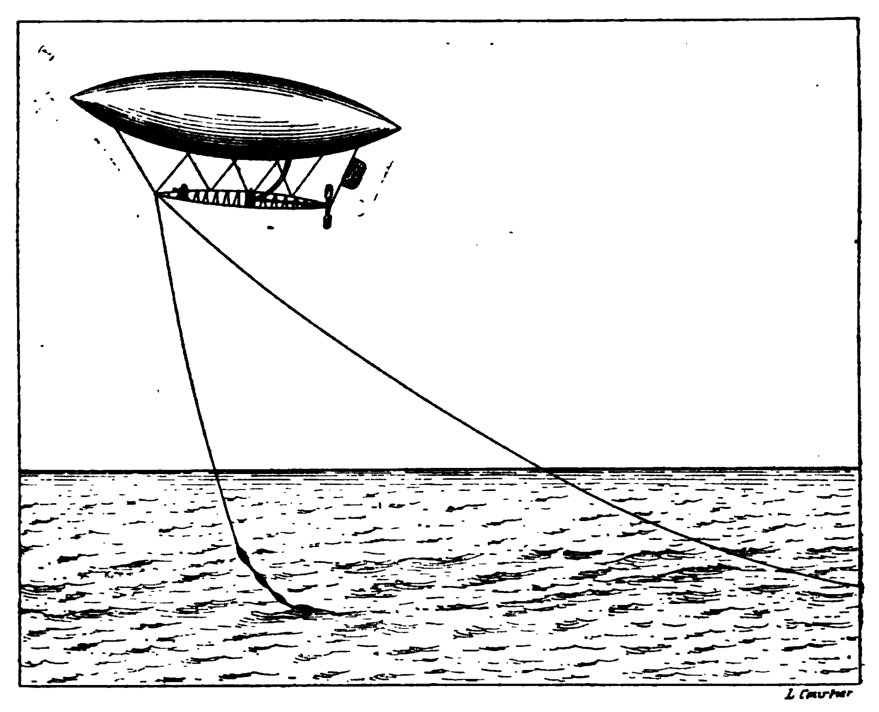


Fig. 4. — Utilisation du triangle stabilisateur Hervé.
(Projet de M. Santos-Dumont.)

d'établir un va-et-vient avec la côte. Et parmi les sustentateurs statiques, elles n'intéressent pas seulement les *aérostats sphériques* mais encore et surtout les *aérostats allongés*, qui, plus que tous autres, doivent éviter de venir au contact du sol ou des flots *(fig. 4)*.

(c) *Récupération descensionnelle.* — Cette troisième et dernière fonction des stabilisateurs statiques se rapporte au cas d'un ballon entièrement *dériveur* (improprement appelé ballon libre; c'est alors, en effet, le vent et non le ballon qui est libre) ne leur demandant que de lui *prêter*, pendant chaque descente non défi-

nitive, la quantité considérable de lest qu'on serait obligé de *jeter* pour combattre les effets de l'accélération du mouvement descensionnel, et pour compenser les actions, parfois très énergiques, susceptibles de précipiter celui-ci d'une façon dangereuse : traversée de nuages, de zones froides, avec une occultation persistante du soleil au retour d'une embardée verticale de quelque durée dans une zone sèche et ensoleillée, etc.

Ainsi un aérostat de 1 200 m^3, comme le *National*, descendant d'une altitude de 2 000 *m* seulement et dans des conditions atmosphériques très ordinaires, est obligé de sacrifier, ainsi qu'il a été constaté, plus de 60 *kg* de lest, afin de ne pas arriver à terre avec une vitesse dangereuse. En outre, il lui faut en *perdre*, non seulement autant, mais de plus en plus, dans toutes les descentes ultérieures effectuées du sommet de la trajectoire verticale, à cause de l'élévation croissante du niveau supérieur d'équilibre.

Supposons au contraire, que, à la faveur du caractère libre d'obstacles de la surface de la mer, on laisse, dans ce cas, et sans toucher au lest, s'accentuer la descente du ballon muni de son puissant stabilisateur préalablement filé à une distance suffisante de la nacelle pour éteindre en temps utile la force vive du système (la course de l'appareil du *Méditerranéen* peut atteindre 150 *m*), le délestage que produira tout à coup l'immersion de cet organe (cette quasi instantanéité d'action est d'ailleurs statiquement économique), arrêtera graduellement la descente sans que la nacelle ait touché la mer, et cette manœuvre pourra être répétée chaque fois qu'il sera nécessaire. Le prix statique de l'engin stabilisateur pourra se trouver amorti dès la seconde ou la troisième descente de ce genre et, par la suite, l'économie de lest réalisée à chaque autre manœuvre semblable, sera tout profit. On observera seulement que l'altitude-limite, pour un aérostat donné que l'on veut équilibrer de la sorte, est dépendante de la puissance du stabilisateur et du maximum, pratiquement admissible, de la distance de celui-ci au sustentateur.

L'avantage qui résulte de la pratique de cette méthode en mer n'est pas négligeable, car on sait qu'il peut suffire en réalité de quelques descentes complètes d'une altitude même moyenne, pour épuiser un ballon ordinaire ; dans les mêmes circonstances, au contraire, un ballon à stabilisateur reste capable de se maintenir longtemps encore dans les airs.

Nous avons suppposé dans ce qui précède, que le stabilisateur était chargé *seul* d'effectuer la récupération totale du lest d'équi-

libre en descente; en réalité, il existe une méthode complémentaire et M. Hervé a donné au stabilisateur un coadjuteur précieux par l'intervention du compensateur, dont c'est là une des plus utiles fonctions. La combinaison des deux manœuvres correspondantes permet de donner à la récupération statique descensionnelle l'élasticité et la docilité nécessaires. Il en sera question plus loin.

Organes stabilisateurs.

On peut les classer en *terrestre*, *maritimes*, et *mixte*, en raison des conditions assez différentes de leur fonctionnement. Les premiers doivent, en effet, circuler sans provoquer d'arrêt, et en ne créant que la plus faible résistance possible, parmi les obstacles terrestres (nous avons vu que l'efficacité de la stabilisation angulaire est à ce prix), et ceux-ci présentent tant d'inégalités, d'anfractuosités, etc., que le cheminement d'un organe *intensif* parmi eux, si insinuant soit-il, présente de grandes difficultés.

Le *stabilisateur terrestre (Pl. 16, fig. A)* est du genre funiculaire afin d'obtenir la continuité indispensable de formes; l'intensité et la faible résistance sont obtenues, en outre, par un grand allongement et par la grande densité du « serpent » qui permet de lui donner un moindre diamètre pour un effet statique déterminé et ainsi d'obtenir une transition très lente entre l'engin et sa remorque qui se continuent sans ressauts ni cassures. Enfin la continuité implique la flexibilité.

L'appareil est un câble mixte (textile et métal); il se compose d'environ 1 200 à 1 500 fils fins, généralement de fer galvanisé; les recouvrements sont en chanvre; le câble est lubrifié dans sa masse afin de diminuer les frottements intérieurs, cause d'une raideur préjudiciable.

L'intensité varie de 3 à 5. Rappelons que, pour les stabilisateurs autres que les carènes, l'intensité est aussi le poids moyen par mètre de l'engin.

Les *stabilisateurs maritimes* sont de quatre sortes :

Les *flotteurs unicarènes (Pl. 16, fig. B)*, composés d'une seule carène, soit creuse en métal, soit pleine en bois, et possédant une flottabilité modérée ; sa forme est biogivale, à dissymétrie longitudinale (le maître-couple reporté sur l'avant du milieu) et à couples circulaires, le lieu des centres de carènes est recti-

ligne. L'allongement est de quatre à cinq fois le grand diamètre. Le remorquage a lieu en attaque oblique (ou assiette en différence sur l'arrière) au moyen d'un gréement à répartiteur articulé reportant le point virtuel d'attache en avant du faux-métacentre dynamique longitudinal. Cette disposition contribue à éviter l'apiquage dans les conditions si difficiles du remorquage oblique (dans le plan vertical), à grande vitesse sur la mer agitée. La stabilité de route est accentuée par une queue funiculaire.

Cette construction, qui était celle des appareils Hervé essayés en 1885, est préférable aux carènes hétérogènes lestées, à dissymétrie transversale et longitudinale, à forme plate, et à lieu curviligne des centres que l'inventeur avait cru pouvoir leur substituer par la suite, mais où les résistances d'instabilité dues à

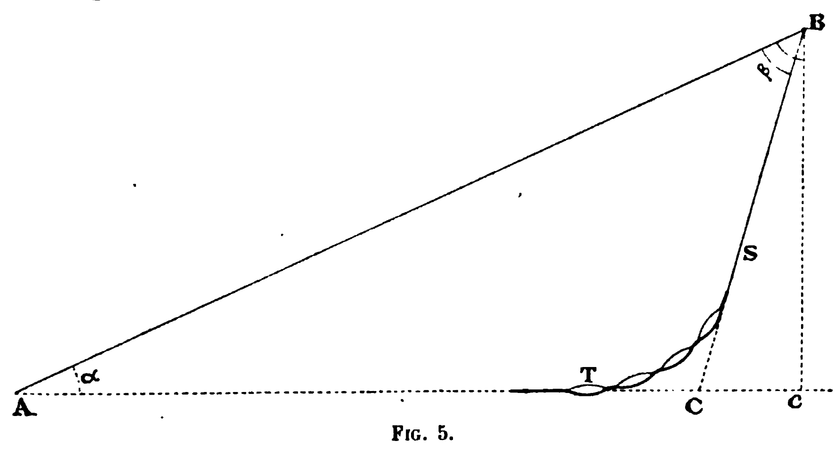


Fig. 5.

l'agitation annulent le bénéfice des précautions prises pour la réduction de la résistance directe normale. L'intensité des flotteurs unicarènes, qui est bien ici la course correspondant à l'action statique complète, atteint 50 à 160 suivant l'assiette ; cette dernière valeur peut être considérée comme une limite d'ailleurs pratiquement trop élevée, en raison de la grande fatigue qu'elle impose aux organes par les énormes variations statiques dues aux brusques et perpétuelles modifications du plan d'équilibre, jointes aux perturbations dynamiques difficiles à écarter complètement.

Les *stabilisateurs articulés discontinus (fig. 5)*, expérimentés en 1885 à la suite de la constatation des résultats donnés par les flotteurs unicarènes, se composent d'un chapelet de carènes *semblables à la précédente*, mais de dimensions telles que le poids de la série soit égal à celui du flotteur simple précédemment essayé. Cette dis-

position procure une stabilité naturelle de route, chaque élément étant orienté par ses voisins. L'intensité est beaucoup moindre (20 à 30 seulement), la résistance est assez grande ; enfin la discontinuité est un inconvénient pour la manœuvre de certains organes essentiels comme nous le verrons dans une autre partie de cette étude; cette dernière considération a conduit à l'établissement du type suivant.

Les *stabilisateurs funiculaires* continus *(fig. 6 et 7)*, qui servirent dans la traversée de la mer du Nord en 1886, par M. Hervé, sont formés d'un très gros cordage d'environ 0,40 *m* de circonférence, terminé en pointe à ses extrémités, celle de l'arrière étant la plus allongée. Cette carène funiculaire est extrêmement flexible grâce à divers procédés particuliers de construction et à une lubrification complète intérieure, c'est-à-dire jusqu'à la fibre élémentaire.

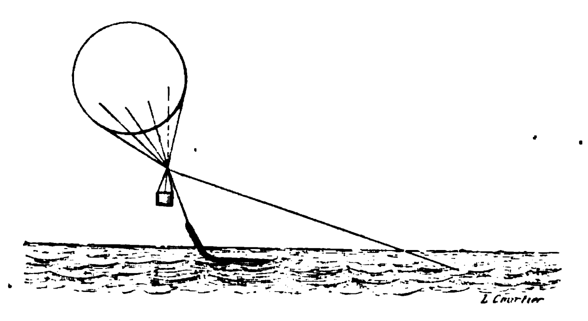


Fig. 6.

Cette dernière opération, jointe au choix des matériaux du cordage, assure la permanence de sa flottabilité, mais celle-ci est systématiquement faible comme l'exige une bonne utilisation de l'appareil. En effet, le véritable stabilisateur est la carène liquide déplacée par l'engin et la flottabilité doit être limitée à la valeur juste nécessaire pour fournir le moment d'incurvation assurant une translation horizontale, et non oblique, de ce flotteur flexible. Non seulement on a recherché ici la continuité des formes, mais encore la régularité parfaite de la surface pour en diminuer le frottement, ce qui est essentiel. Dans ce but, le cordage a reçu deux congréages et un double limandage extensible, le dernier étant recouvert d'un enduit élastique et lisse. L'ensemble justifie bien, sauf par ses dimensions, le nom d'« anguille » qui lui a été donné. L'intensité d'un de ces stabilisateurs est d'environ 8 ; elle peut être doublée par l'emploi de deux appareils disposés symétriquement de chaque côté de la nacelle, ce qui a l'avantage de

dégager l'arrière de celle-ci en vue de diverses manœuvres. D'autre part, le *couplage en série* des deux flotteurs permet, en faisant passer l'intensité de 16 à 8, de porter la course de 10 *m* à 20 *m* par exemple, ce qui, aux allures de fuite, par mauvais temps, sans freinage, sur une mer très dure comme la Méditerranée, est fort utile. Nous avons donc ici la continuité, la stabilité et une certaine latitude d'adaptation, mais l'intensité demeure trop faible (la raideur, croissant comme le carré du diamètre,

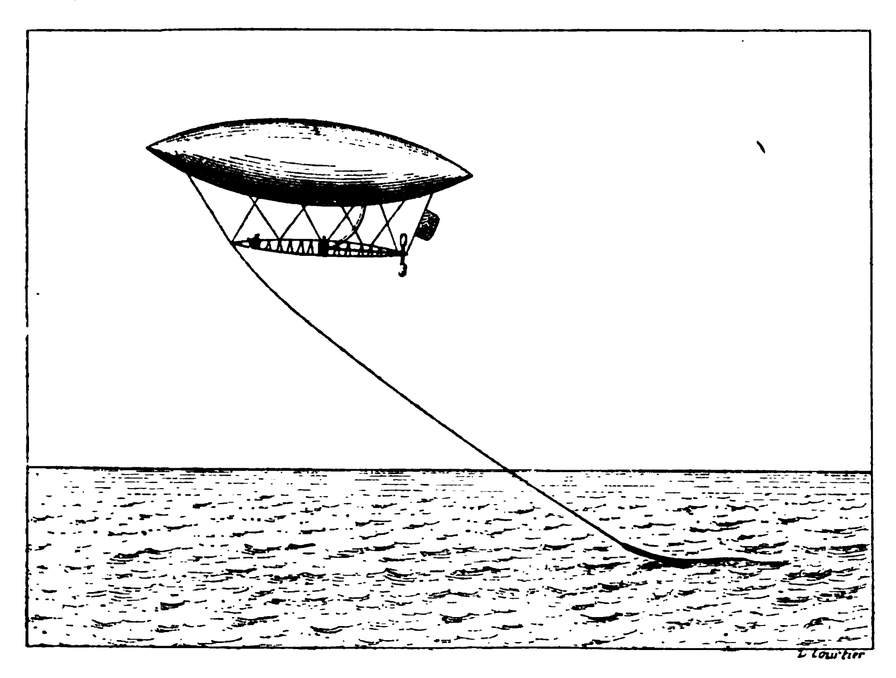
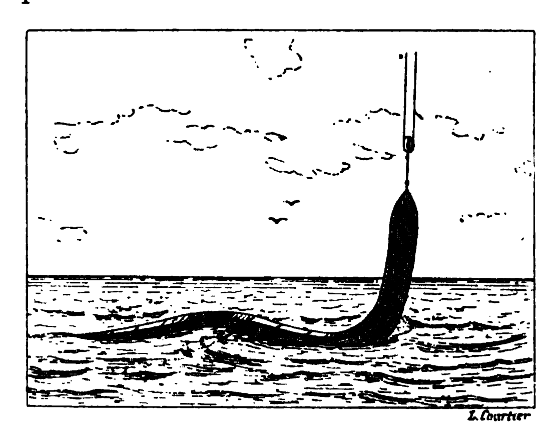


Fig. 7. — Emploi du stabilisateur funiculaire Hervé, par M. Santos-Dumont. (Projet de M. Santos-Dumont, d'après une photographie).

limite vite celui-ci), pour la correction des puissantes perturbations dynamiques dans les conditions rigoureuses de la stabilisation angulaire. Il faut, sans exclure de ce matériel les engins funiculaires, pouvoir compléter leur action, ou lui substituer temporairement celle d'un organe à la fois très intensif, très stable, continu et peu résistant, qui résumera les qualités seules des systèmes précédents ; c'est ce que réalise l'appareil suivant.

Le *stabilisateur articulé continu (fig. 8)* est constitué par un assemblage en chapelet de blocs de bois, comme pour le stabilisateur discontinu, mais avec cette différence essentielle que, au lieu de

constituer des carènes distinctes, réductions du flotteur type unicarène, chaque bloc est réuni à ses voisins par l'articulation à rotule cylindrique que constituent ses faces antérieure et postérieure. L'ensemble, étendu horizontalement, présente l'aspect d'une carène prismatique continue, à extrémités affinées, avec des indications d'articulation. La série est assemblée par deux chaînes Galle intérieures; chaque bloc reste distant de quelques millimètres du suivant au moyen d'un arrêt qui rend les blocs indépendants et assure ainsi la flexibilité du système. L'amplitude des mouvements angulaires de chaque élément est limitée de même, ce qui évite à chacun un travail anormal. La *flexibilité* est telle que l'appareil puisse s'enrouler suivant une circonférence égale à la longueur de l'engin ; on remarquera que la flexibilité est ici indépendante de la section du stabilisateur, d'où la possibilité de donner à celui-ci les plus grandes *intensités* : celle du « serpent » du *Méditerranéen* atteignait 120 (à l'égal d'un flotteur unicarène dans l'une de ses attitudes les plus intensives). La flottabilité, croissante de l'avant à l'arrière, doit être, en moyenne, de 1/10ᵉ. Enfin la souplesse d'adaptation de ce type de stabilisateur permet de faire varier ses caractéristiques dans de larges limites : longueur 5 *m*, poids total environ 600 *kg*.



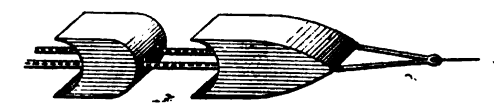


FIG. 8. — Stabilisateur articulé continu du *Méditerranéen*.

Stabilisateurs mixtes. — Il a paru utile, pour le cas des ascensions terrestres susceptibles de devenir maritimes, d'établir une variété susceptible de fonctions plus générales, en sacrifiant à l'extension des aptitudes, quelques-unes des qualités inhérentes à la spécialisation. La présence des obstacles terrestres, au milieu desquels l'engin doit circuler sans arrêt, impose le type funicu-

laire. On en diminue la puissance et l'intensité, on conserve le degré de flottabilité et l'on emploie un commettage plus stable avec suppression des limandages et du congréage secondaire. L'intensité est de 5 à 6 environ.

II. — Compensateurs hydrauliques.

Fonctions.

Le compensateur hydraulique est, en matière d'équilibre, le complément précieux, le prolongement, pour ainsi dire, du stabilisateur. Il possède six fonctions principales :

(a) *Compensation des perturbations positives atmosphériques.* — Lorsque le ballon, équilibré pour la nuit au moment de la condensation vespérale, reçoit au lever du jour l'action des rayons solaires, la rosée nocturne qui l'alourdissait se dissipe en même temps que la température du gaz s'élève rapidement. La rupture positive d'équilibre peut être considérable (le *Méditerranéen* de 3100 m^3, était exposé à subir, dans certaines circonstances, une poussée matutinale de près de 400 *kg* ; le *National*, de 1200 m^3, a dû compenser, en 1886, sur la mer du Nord, une poussée ascensionnelle de 140 *kg* environ, à 5 heures du matin). Or, si à ce moment l'aérostat ne possède pas de stabilisateur, ou s'il n'en a pas de suffisamment puissant pour pratiquer la stabilisation intégrale, ou si, malgré une puissance normale du stabilisateur, on devait *cesser, en outre, au matin, une déviation* dont le stabilisateur avait à corriger l'action descensionnelle dynamique, superposée aux actions descensionnelles statiques dont la correction lui incombait simultanément, il est clair que l'aérostat serait entraîné à une ascension qui pourrait être inopportune. Celle-ci serait même grave si l'aérostat ne possédait pas de ballonnet, et d'autant plus nuisible que le moment où elle se produirait serait plus éloigné de l'origine du voyage ou, en général, que les pertes de gaz auraient été plus grandes. Il est donc nécessaire de prendre de l'eau de mer à bord comme lest, au besoin rapidement et en grande quantité, de ce premier chef.

(b) *Substitution d'un lest divisible à un lest indivisible.* — S'il est devenu indispensable d'abandonner un organe très lourd n'ayant pas épuisé sa réserve de stabilisation statique, par exemple, pour continuer par une ascension terrestre un voyage aéro-maritime,

ou s'il est nécessaire de jeter une partie pesante du matériel et non susceptible de réaction sustentatrice par contact avec la mer, tout autre moyen de stabilisation étant devenu inefficace, on lestera d'abord l'aérostat d'un poids de liquide un peu supérieur au poids de l'objet à sacrifier, et ce dernier, une fois supprimé, laissera le système aérien dans un état d'équilibre sensiblement égal, à la condition d'avoir tenu compte du rôle modificateur d'immersion (c'est-à-dire de la disponibilité stabilisatrice *apparente* de l'engin) attribuable aux actions dynamiques, lorsqu'il en existe.

(c) *Récupération descensionnelle.* — Deux moyens se présentent de récupérer le lest de descente, ainsi que l'a établi M. Hervé ; l'un, que nous avons examiné plus haut, consiste à substituer au délestage progressif en descente la réaction sustentatrice du stabilisateur filé à bout de câble ; l'autre consiste à jeter progressivement du lest en descente comme dans les ascensions terrestres, mais, de plus, à prendre en arrivant au contact de la mer (avec la plus faible vitesse verticale possible) une provision d'eau approximativement équivalente au lest jeté. La première méthode ne permet pas, à elle seule, la descente d'une hauteur quelconque, et donne lieu, au moment du contact, à des actions d'inertie très intenses. La seconde méthode présente des difficultés d'équilibre exact à proximité de l'eau et de reprise rapide du lest liquide. Mais la combinaison de ces deux moyens, avec prépondérance de l'emploi du stabilisateur, permet de satisfaire aux divers cas de la pratique.

(d) *Stabilisation angulaire.* — La limitation des embardées verticales, en dérive retardée, est encore, dans une mesure beaucoup moins active que pour les stabilisateurs, mais non négligeable, une fonction secondaire, et pour ainsi dire éventuelle du compensateur. Celui-ci constitue à cet égard un véritable *stabilisateur à poids variable*, principe que les dangers des systèmes à étanchéité ont dissuadé l'inventeur d'appliquer au stabilisateur même, organe le plus militant et le plus exposé de l'équilibre dépendant. Le compensateur dans ce rôle agit donc après les autres organes d'équilibre ; il devient lui-même un stabilisateur par rapport au « serpent » articulé lorsque ce dernier ne produit plus qu'une résistance, sans effet statique, et il est alors la dernière réserve de stabilisation verticale et l'ultime protection de la nacelle.

(e) ***Modifications de l'immersion du stabilisateur.*** — La superposition éventuelle, l'enchevêtrement des perturbations positives ou négatives, statiques ou dynamiques de l'équilibre, dans l'état dériveur retardé, et la grande intensité dont elles sont susceptibles, même considérées isolément, nécessitent souvent l'intervention d'une manœuvre modificatrice de l'action d'un organe essentiel, par exemple du stabilisateur. Si, sous une résistance énergique de freinage ou de déviation, une pluie abondante survient ou disparaît, en même temps que se produisent des actions thermiques de même sens, ou si, pendant une situation statique constante, des perturbations dynamiques violentes se produisent inopinément dans des circonstances où les corrections automatiques par le stabilisateur soient insuffisantes, il pourra être nécessaire de modifier la disponibilité statique positive ou négative de cet organe en faisant varier son degré moyen d'immersion à l'aide d'un lestage ou d'un délestage hydrostatique du sustentateur, afin de conserver à l'angle de traction de l'engin résistant sa valeur normale. Telle est la fonction régulatrice du compensateur ; celui-ci est, dans ce rôle, non plus comme tout à l'heure un agent direct de stabilisation, appelé à prendre contact avec la mer après les engins normaux d'équilibre, mais en quelque sorte un prolongement aérien du stabilisateur, un élément à poids variable d'un système complet, formé par ces deux organes. Cette similitude de fonctions réalisées par des moyens différents paraîtra plus nette encore dans le cas suivant.

(f) ***Augmentation d'efficacité du stabilisateur.*** — Comme il a été dit plus haut, l'utilisation du stabilisateur seul ne peut pas être complète ; une certaine fraction de l'appareil doit rester émergente, sauf dans les embardées de très courte durée, pour constituer une sorte de « remorqueur statique » destiné à rappeler le stabilisateur vers la verticale du point d'attache, et à augmenter l'angle stabilisateur et l'efficacité de cet organe. On peut appeler ***coefficient d'utilisation*** de cet engin, le rapport du poids de sa partie nécessairement émergente à celui de sa partie facultativement émergée ou immergée. Or, si l'on relie à un point de la remorque du stabilisateur celle du compensateur, tout en conservant à ce dernier l'indépendance de ses mouvements verticaux, le poids du réservoir, vide ou partiellement rempli, contribuera au rappel de verticalité du stabilisateur et permettra d'utiliser aux corrections nécessaires, une plus grande fraction du poids

de celui-ci. Cette disposition est représentée sur la figure montrant le *National* au-dessus de la mer du Nord, devant Yarmouth, où le compensateur fut employé pour la première fois (*Pl. 16, fig. C*).

On voit par cette étude sommaire des fonctions du compensateur que celui-ci et le stabilisateur ne sont en réalité que deux parties complémentaires d'un même organe : l'une à poids invariable, ou stabilisateur proprement dit, engin normal de contact avec la mer, assez robuste et simple pour ses rudes fonctions; l'autre, à poids variable, réglant l'action du premier et lui donnant, sans exagération démesurée du poids mort, une aptitude stabilisatrice infiniment plus étendue et, en outre, susceptible même de se substituer à lui quand l'organe inerte est devenu nuisible, comme dans le cas d'une prolongation terrestre d'un voyage maritime.

Organe compensateur.

Conditions à remplir. — De l'examen critique des méthodes antérieures à 1885, et de l'exposé que nous venons de faire des fonctions exigées du compensateur, il résulte que cet appareil doit permettre de prendre ou d'évacuer des quantités d'eau de mer au moins égales au dixième de la force ascensionnelle totale du gaz de l'aérostat, comme il suit :

1° *Avec rapidité*; car, dans certains cas, comme on l'a vu pour le *National*, la poussée ascensionnelle peut être très violente. Au soleil levant l'évaporation d'une abondante rosée déleste d'abord l'aérostat, mais en refroidissant l'enveloppe et par conséquent le gaz, d'où cette hésitation ascensionnelle qui a été remarquée en cette circonstance du voyage de 1886; puis, sous la continuation de l'action solaire, la perturbation thermique devient positive ou s'accentue et se superpose à l'action statique provenant de la disparition de la rosée, et la poussée ascendante acquiert brutalement une intensité considérable. Il est préférable de la prévenir et de commencer le lestage hydrostatique en temps utile, mais il faut prévoir un oubli ou un obstacle à ce moment et disposer d'un moyen rapide de lestage compensateur ;

2° *Avec peu de travail;* c'est là, d'ailleurs, une des conditions de la rapidité. Si le matériel ne contient pas de machine auxiliaire, il faudra compter aussi avec la fatigue de l'équipage dans les conditions assez rudes des longues ascensions maritimes.

Pour ces deux premiers desiderata, l'indication sera : de supprimer la résistance mécanique de rappel de l'organe préhenseur et de n'élever le liquide qu'à la hauteur strictement nécessaire, au moins temporairement ;

3° *A toute distance requise de la surface de la mer ;* l'état de la mer peut interdire de s'approcher assez de la surface pour se servir de pompes ordinaires ; de plus, cette méthode exigerait l'élévation jusqu'à la nacelle de tout le volume d'eau puisé, travail inutile au point de vue de la stabilisation, et nuisible pour la rapidité.

Il est tout indiqué ici, par conséquent, d'amener à proximité de l'eau un réservoir étanche dans lequel une raréfaction modérée déterminera l'ascension du liquide, disposition qui réalisera en même temps les deux précédents desiderata : rapidité du lestage et travail minimum. Et cette commande pneumatique permettra de rendre l'opération pratiquement indépendante de la distance de la nacelle à la mer qui pourra être de 20 *m* au besoin, par exemple, et ne serait limitée, en réalité, que par le frottement de l'air dans le tuyau (nécessairement à petite section) ou par le poids de celui-ci ;

4° *A toute vitesse de translation ;* cette condition est particulièrement importante. Les corrections ou modifications de l'équilibre qui incombent au compensateur, peuvent être indispensables par de grandes vitesses du vent, et, bien que la dérive du sustentateur puisse être très notablement retardée en vue de manœuvres comme celle de la compensation hydropneumatique, cette vitesse réduite ne permettrait nullement encore, dans la plupart des cas, le lestage hydrostatique au moyen d'organes susceptibles de créer une résistance préjudiciable.

Il suffira, pour rendre praticable la prise d'eau en vitesse, de ne laisser plonger dans la mer qu'un tuyau inférieur d'aspiration, le réservoir restant juste émergé, comme le permettent les puissants moyens de stabilisation du matériel ;

5° *Évaluation de la quantité de liquide* admise, conservée ou rejetée. — Cette notion est utile à la précision des manœuvres ; une admission exagérée est moins nuisible qu'une éjection intempestive, mais l'une et l'autre sont à éviter ; le contrôle du contenu du réservoir est toujours avantageux pour la connaissance des ressources statiques actuelles.

Le principe des vases communiquants et celui des hydro-

mètres sont deux des indications auxquelles conduit l'énoncé des conditions à remplir relativement à la mesure des actions pneumostatiques.

Description. — L'auteur du matériel d'aéronautique maritime, dont nous nous occupons, a imaginé de nombreux dispositifs de nature à fournir des solutions variées des problèmes de compensation hydrostatique, les unes très simples, les autres très complètes. Parmi les premières, la plus élémentaire, celle qui est en quelque sorte uniquement la matérialisation du principe de ces appareils, et qui a été employée d'abord en 1886, se compose d'un réservoir rigide C (*fig. 9*), mobile verticalement au moyen d'un palan fixé à la suspension et muni de deux tuyaux, l'un descendant dans la mer, l'autre montant jusque dans la nacelle où il est en communication avec une pompe à air P. Le système ne contient aucun clapet. Le réservoir étant amené jusqu'à affleurer le sommet des vagues, au bas de l'embardée descendante, le tuyau inférieur A plonge dans l'eau; on opère une dépression, qui peut être d'autant moindre que la vague est moins profonde, l'eau s'élève dans le réservoir; puis, lorsque l'effet statique recherché est obtenu, on relève simplement au moyen d'un cordeau B l'extrémité du tuyau d'aspiration en A′ un peu au-dessus du sommet du réservoir. Le liquide ainsi emprisonné, ne pourra s'échapper désormais que si, après avoir laissé rentrer l'air dans le réservoir, on abaisse l'extrémité du tuyau au-dessous du niveau du liquide.

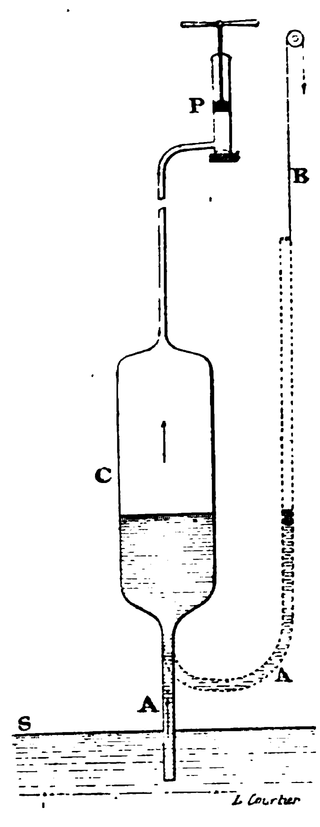


Fig. 9.

La position de l'orifice du tuyau, au commencement de la sortie de l'eau de lestage, indique le niveau de celle-ci; un hydromètre signale, en outre, dans la nacelle, l'état pneumosta-

tique du compensateur; enfin, l'issue de l'eau étant visible, une évaluation de la quantité rejetée est possible avec une approximation suffisante.

Le travail est donc limité à l'élévation de l'eau environ au sommet de la vague et non jusqu'à la nacelle. Si cette dernière élévation est jugée ensuite utile, elle peut être faite plus à loisir, la sécurité ayant été préalablement assurée par l'introduction rapide dans le compensateur de la quantité jugée nécessaire.

Le *National* ne possédait qu'un réservoir; le *Méditerranéen* avait été muni de deux récipients, d'ensemble 300 d^3, disposés symétriquement aux extrémités de l'axe d'articulation de la suspension et susceptibles de fonctionner isolément ou simultanément *(Pl. 16, fig. C et G)*.

B. — Méthodes indépendantes.

M. Hervé les divise en *méthodes préventives* des perturbations de l'équilibre, et en méthodes modificatrices de celui-ci.

Ces dernières sont nombreuses et très importantes, mais il n'y a pas lieu de s'en occuper maintenant, car elles n'ont pas encore été expérimentées à ce jour; elles sont destinées à faire l'objet de la seconde série de recherches de l'inventeur, relatives aux divers cas du problème de l'équilibre en mer, dont il aurait été téméraire de tenter l'expérience avant d'avoir assuré la sécurité par l'emploi des méthodes dépendantes.

Il n'en est pas de même pour les moyens *préventifs* des perturbations statiques, dont l'essai, en raison de leur simplicité, de leur innocuité certaine, et de leur utilité très probable, pouvait être mené de front avec celui des méthodes dépendantes.

Forme. — Le seul de ces moyens qui ait paru immédiatement réalisable consiste : 1° dans le choix pour l'aérostat d'une *forme dérivée de la sphère* et de nature à faciliter l'écoulement de la pluie, retenue en abondance, dans le cas des ballons ordinaires, à la partie supérieure de l'aérostat, tant à cause de la forme aplatie que prend ce pôle, qu'en raison de l'effet des multiples barrages produits par les mailles du filet, dans cette région surtout; 2° dans la suppression de ces derniers.

Aussi le pôle supérieur du *National*, avait-il reçu une *forme conique*, d'une pente moyenne de 30 degrés environ, et d'une nature parfaitement *lisse*, grâce à l'emploi d'une chemise en

étoffe vernie, à la ralingue inférieure de laquelle s'attachait le filet. Celui-ci ne commençait donc qu'à la base du cône lisse et la déclivité, déjà très accentuée dans cette région, en rendait l'action beaucoup moins nuisible au point de vue de la retenue des condensations aqueuses. L'économie du procédé est évidente *(Pl. 16, fig. C)*.

Cette invention et cette première expérimentation d'une *forme à pôle supérieur conique lisse*, présentent d'autant plus d'intérêt que la pluie est l'une des perturbations les plus graves, par son intensité et par sa fréquence, contre lesquelles l'aéronaute ait à se défendre (la surcharge peut atteindre 200 à 250 *kg* pour le *Méditerranéen)*. Faciliter sa prompte élimination, est une mesure préventive précieuse, qui équivaut à un puissant moyen de stabilisation statique.

DEUXIÈME PARTIE

DÉVIATION

Chapitre Premier.

Utilité. — Historique. — Critique des procédés antérieurs à 1886.

I. — Utilité générale, caractères et méthodes.

Le problème de l'équilibre dépendant, condition fondamentale de la sécurité, ainsi résolu d'une façon aussi complète que l'exigeaient les conditions complexes de la navigation aéro-maritime, il importait de chercher à communiquer aux aérostats destinés à affronter les dangers de la mer, un certain mouvement propre qui leur permît, sans moteur et par des moyens simples d'obtenir une dirigeabilité *partielle* notable, par exemple dans un secteur égal au moins au tiers, et au plus à la moitié de l'horizon. L'aéronaute posséderait alors la faculté de s'approcher ou de s'éloigner d'une côte, d'un détroit, d'une route de navires, et en général d'une zone avantageuse ou dangereuse du large ou du littoral, alors que la direction du vent différerait de moins de 60 à 90 degrés de la route nécessaire.

Sans doute la dirigeabilité totale, c'est-à-dire dans tous les azimuths, est-elle la solution idéale que l'avenir apportera, mais un avenir certainement beaucoup plus éloigné que celui dont l'enthousiasme inconsidéré de quelques inventeurs leur fait apercevoir dès aujourd'hui l'approche. La création de dirigeables indépendants à grand rayon d'action présente des difficultés considérables, et il était sage, en attendant leur lointain avènement, de faire en sorte que les aérostats, pour être en mesure, non seulement de défier les perturbations de l'équilibre vertical, mais de fournir un résultat utilisable pendant leur séjour en mer, ne demeurassent point des bouées inertes, dérivant, passives, au gré du moindre souffle, et possédassent une certaine autonomie.

D'ailleurs, et c'est là une considération qui justifierait à elle seule l'étude des moyens de dirigeabilité partielle en mer, les raisons que nous avons données de l'utilité des stabilisateurs pour les ballons automobiles futurs, subsistent en ce qui concerne l'application à ces sustentateurs d'appareils *auxiliaires* de dirigeabilité, dont les difficultés particulières de la locomotion aérienne au-dessus des grands espaces implacables des mers, rendront l'emploi plus précieux. La réalisation de la dirigeabilité partielle était donc, comme l'équilibre dépendant, d'un intérêt général et immédiat.

Enfin il était logique, pour l'un comme pour l'autre de ces deux termes du problème de l'aéronautique maritime, de commencer l'étude des méthodes efficaces au moyen du robuste ballon sphérique qui, indépendamment de ses applications éventuelles immédiatement réalisables grâce aux appareils qui nous occupent ici, est, à cet égard, un merveilleux appareil d'expérimentation, d'une simplicité extrême, toujours stable par sa symétrie complète, et remarquablement sûr.

La dirigeabilité partielle que M. Hervé s'est appliqué à créer, est en même temps *dépendante*, c'est-à-dire qu'elle nécessite le contact avec la mer, d'un organe relié à l'aérostat, quelle que soit la distance (et celle-ci n'est pas nécessairement très faible) entre ces deux parties du système. Pour préciser et abréger, le nom de « déviation » a été donné à la dirigeabilité partielle dépendante.

On remarquera que, pour la déviation comme pour la stabilisation dépendante, *il ne s'agit nullement d'établir un mode systématique de navigation au long cours à proximité de la surface liquide.*

La déviation est une phase d'un voyage aéro-maritime au même titre que l'utilisation d'un courant aérien dont il serait opportun d'aller emprunter la vitesse et la direction à l'altitude où il règne. Ces deux méthodes de la locomotion aéro-maritime telle que la comprend M. Hervé, sont complémentaires, et l'ensemble constitué par celles-ci jointes à la stabilisation dépendante présente autant de garanties d'efficacité et d'innocuité que la seule méthode de l'utilisation des mouvements de l'atmosphère offre de mécomptes et de dangers.

M. Hervé écrivait précisément à ce sujet, en 1888, au lendemain de la mort des infortunés Lhoste et Mangot, victimes de leur confiance dans l'emploi exclusif de courants supposés :

« Il est sage de ne pas compter actuellement sur l'utilisation

» de courants aériens superposés, *comme base d'un procédé de direc-*
» *tion*. Ces courants, en effet, n'existent pas toujours, et quand
» ils existent leur régime à peu près inconnu et leur instabilité
» les rendent redoutables. C'est folie de chercher à les asservir
» en se faisant d'abord leur esclave. Certes nous trouverons
» souvent en eux de précieux auxiliaires, mais à cette condition
» toutefois que nous ne serons jamais à leur merci.

» Cherchons donc d'abord à vaincre les courants, d'où qu'ils
» viennent, et à nous affranchir de leurs caprices despotiques,
» et faisons en sorte de ne nous confier à eux que lorsque nous
» serons libres d'accepter leur alliance, ou de lutter avec succès
» contre leur hostilité. Mais aujourd'hui les courants superposés
» sont encore pour nous ou des maîtres ou des alliés perfides. »

Retrouver sur le stabilisateur un équilibre imperturbable, lorsqu'on a constaté dans un sondage en hauteur l'absence de courants directement utilisables; rendre inoffensif, au moyen du même appareil, ce sondage auparavant ruineux en lest de descente; enfin, et dans le même cas, s'écarter presque à angle droit, à l'aide du déviateur, de la direction des courants inférieurs lorsqu'il y a intérêt à le faire, telle est, en résumé, l'économie des méthodes que M. Hervé donne pour base à l'aéronautique maritime dépendante.

II. — Principes de la déviation. — Historique.

Deux principaux moyens se présentent de communiquer une vitesse propre à un aérostat sans moteur : — soit créer, au moyen du retard produit par la résistance d'un organe purement passif, tel qu'un cordage trainant sur le sol ou sur l'eau, un vent relatif agissant sur un dispositif propulseur formé par une surface aérienne oblique constituant la puissance, ou une partie de celle-ci; — soit obtenir sur l'*organe résistant même*, susceptible ici d'être à la fois retardateur et déviateur, tel qu'un plan immergé et convenablement orienté, une composante propulsive de la résistance opposée par l'eau à la dérive du plan.

C'est à ces deux méthodes essentielles : propulsion par réaction de l'organe moteur, propulsion par réaction de l'organe résistant, que se rapportent toutes les conceptions de systèmes destinés à réaliser la dirigeabilité dépendante d'un sustentateur; et cela non seulement en aéronautique (maritime ou terrestre), mais aussi en marine, où, comme l'a montré M. Hervé, de curieuses

et instructives analogies auraient pu guider très efficacement les recherches des aéronautes.

Ainsi dans un navire à voiles l'organe retardateur est la carène, et sa résistance crée un vent sensible ou relatif que la voile, dans l'une de ses fonctions, utilise à la récupération de la vitesse (allure vent arrière). Si l'on suppose le navire soudain immergé avec ses voiles, celles-ci n'y produiraient pas plus d'effet qu'à bord d'un aérostat *indépendant*.

La manœuvre de la dérive en rivière — qu'on pourrait appeler *dérive dirigée*, — est un exemple du premier genre. Elle ne diffère de la manœuvre aérienne au guide-rope et à la voile, que par l'existence, en hydronautique, d'un plan d'équilibre qui supprime, pour le sustentateur aquatique, les vicissitudes de l'instabilité longitudinale. Dans les deux cas l'organe retardateur produit une résistance par son frottement *sur le fond*, d'où un courant relatif, et la possibilité d'une réaction propulsive due à la carène ou à telle autre surface déviatrice portée par celle-ci. Les « bacs à traille » en sont un autre exemple peu différent.

Comme exemples du second genre (remorquage oblique d'un corps allongé, à la fois résistant dans la direction de la vitesse du remorqueur, et actif ou propulseur dans une direction transversale), M. Hervé a signalé l'identité du principe des déviateurs aéronautiques à propulsion aquatique et de celui de nombreux engins maritimes, tels que certains *gouvernails de fortune* en drômes obliques, le dispositif de permanence d'ouverture de l'immense tessure de la *dreige*, cette antique merveille de l'industrie de la pêche, dispositif dont on retrouve d'autres formes dans *la loutre* et ses variantes (otter, otter-trawl, etc.), les *flotteurs divergents* (appelés quelquefois « pattes d'oie », du nom de l'amarrage orientateur à deux branches *inégales* qui en règle l'obliquité) et connus surtout par leurs applications au remorquage des torpilles « à la traine », au filage de l'huile, etc., le *remorquage oblique* évolutif d'un bâtiment par un autre, le halage à la cordelle, tant d'autres ingénieuses applications, dans lesquelles le corps divergent joue le rôle de déviateur, grâce à l'inclinaison de la résultante, normale à son axe ou à son plan, des pressions du fluide en mouvement réel ou relatif.

Outre ces deux méthodes principales, il existe un genre mixte dont un exemple est fourni, dans la navigation à voiles, par les allures du largue ou du travers. Ici la réaction est double, elle se produit à la fois par la puissance (voilure) et par la résistance

(carène). Si nous séparons par la pensée la carène et la voilure, laissant la première à la surface du liquide et élevant la seconde dans le fluide aérien en conservant par des liaisons invariables leurs orientations relatives, nous aurons réalisé un système analogue à celui d'un aérostat faisant de la réaction propulsive à la fois sur l'engin résistant aquatique et sur la carène aérienne ou sur un organe annexe de celle-ci.

Nous retrouverons donc en aéronautique des conditions comparables à celles des applications hydronautiques dont il vient d'être question. Elles s'y présenteront avec un caractère assez général d'ordinaire, du moins dans leurs principes, car les circonstances de la déviation aéronautique *terrestre* ou *maritime* possèdent un certain nombre de caractères communs. Aussi serait-il difficile de donner un aperçu historique exact de la question en éliminant complètement toute mention des procédés relatifs à la dirigeabilité dépendante terrestre, qui ont de beaucoup précédé ceux de la déviation maritime aéronautique, et se sont parfois confondus avec eux dans la suite.

Kratzenstein, 1784. Dès la première année de l'aéronautique, pose le principe de la nécessité, pour utiliser les voiles en ballon dériveur, de créer une résistance par le frottement d'une corde traînée par l'aérostat sur le sol, d'où un retard et la production d'un vent sensible à bord.

Thilorier, 1815. Même disposition : corde traînante et voile carrée disposée entre la nacelle et le ballon. Espérait dévier de 30°. (Projet.)

Green, 1837-1842. Même méthode, mais en application aéromaritime : l'organe retardateur est un guide-rope à flotteurs, l'organe propulseur est une vaste voile située entre l'aérostat et une longue vergue reposant sur le cercle. Le guide-rope se fixe au cercle par une patte d'oie à deux branches variables constituant le dispositif d'orientation de la voile. (Projet.)

Busschop, 1870. Même principe : retard au moyen d'une corde traînante, munie de dispositifs de freinage, et attachée à l'avant d'une montgolfière cylindrique. Le vent sensible agit sur des voiles situées entre le sustentateur et la nacelle et orientées obliquement. L'auteur calcule que l'angle de déviation pourra atteindre 13° avec une surface de voilure égale au 1/5 de la section de l'aérostat. (Projet.)

Renoir, 1875. Introduction en aéronautique du principe employé en marine de la déviation par réaction propulsive d'un organe aquatique. Un plan, très allongé horizontalement, est remorqué par ses extremités au moyen de deux cordages indépendants, disposés en patte d'oie près de l'appareil; en modifiant le rapport de longueur des deux remorques, on oblique le plan à droite ou à gauche : l'avant de la patte d'oie est lesté par un long réservoir ouvert à sa partie antérieure; le remplissage s'effectue dans la position transversale (perpendiculairement à la direction du vent); ensuite un cordeau le ramène à la position longitudinale. Addition d'une voile déviatrice. Pas de stabilisation angulaire. (Projet.)

Hervé, 1885-1886. Principes : des déviateurs fractionnés ou lamellaires; du fonctionnement au-dessous de la surface (immersion *dynamique constante);* de la réduction de résistance pendant l'inversion angulaire; de la séparation complète de l'organe déviateur et du stabilisateur d'inclinaison.

Première expérimentation d'un déviateur aéronautique au cours de la traversée

de la mer du Nord en 1886, de France en Angleterre (type lamellaire a maxima, composé d'une série longitudinale d'éléments transversaux articulés). Déviation mesurée de 60 à 70° de demi-angle abordable.

Lhoste, 1886. Reprend la méthode à déviation aérienne, en substituant au guide-rope, un petit récipient traînant à remplissage facultatif; la voile est un foc de petites dimensions, susceptible d'être bordé d'un côté ou de l'autre du plan de symétrie. Déviation non mesurée à peine appréciable, dans sa traversée de la Manche.

Andrée, 1895-1897. Emploie encore le principe de la déviation par la réaction d'un organe aérien, et reproduit la variante de Green, en remplaçant la corde à flotteurs par un faisceau de guide-ropes. Expériences sur terre (environ 10° de déviation) et sur la mer Baltique (mesures incertaines; confusion de rotations et de déviations).

Mallet, 1896. Essai d'un flotteur divergent sur le littoral de la Méditerranée; fuseau de bois de 25 *kg* manœuvré par ses extrémités. Pas de stabilisation angulaire verticale. Faible déviation.

Cl. Jobert, 1896. Projet d'un déviateur aquatique genre « gouvernail de fortune » (un bordage lesté est remorqué longitudinalement au moyen de deux manœuvres fixées aux extrémités d'un espar transversal solidaire du bordage; en halant ou larguant une des manœuvres, on fait passer le plan d'un bord à l'autre. Une voile déviatrice était, en outre, indiquée sur le ballon.

Colladon, 1897. Projet de déviateur aquatique composé d'un récipient plat allongé, se remplissant d'eau dans la position transversale. La commande devait se faire par quatre manœuvres, deux à chaque extrémité du plan; on aurait fait changer de bord en halant l'un des groupes (droit ou gauche); la position verticale du plan aurait été maintenue par la manœuvre des deux remorques supérieures ou inférieures.

Variclé, 1897. Système à déviation aérienne. L'organe retardateur est toujours le guide-rope. Le dispositif propulseur se compose d'une large voile installée entre un ballon cylindrique et la nacelle; la carène et la voile sont orientées ensemble obliquement par rapport à la direction du guide-rope. (Projet.)

Sallé, 1897. Déviation aérienne. Voiles placées entre le cercle et un point du guide-rope situé sous la nacelle. Retard produit par un flotteur résistant. (Projet.)

Hervé, 1901. Seconde expérimentation d'un déviateur aéronautique à propulsion aquatique (expédition du comte de La Vaulx sur la Méditerranée). Principe de l'inversion angulaire a minima d'un système lamellaire; l'appareil, composé d'une série transversale horizontale de lames verticales fixes dont le plan est parallèle à la direction du vent, fait dévier l'aérostat vers l'un ou l'autre bord suivant qu'on oblique *la série* au moyen de deux cordages amarrés à ses extrémités; la résistance est minima au moment du changement de bord. Principe de l'immersion *dynamique constante* au-dessous de la surface de la mer. Mêmes autres principes (fractionne-

ment, séparation complète de l'organe déviateur et du stabilisateur) que pour le déviateur lamellaire a maxima du même inventeur (expériences de 1886). Déviation maxima mesurée du déviateur a minima, 40 à 50°.

Santos-Dumont, 1902. Déviation aérienne. Retour au dispositif de Variclé : guide-rope résistant et carène oblique réagissante. La voile est ici supprimée. La stabilité d'inclinaison serait obtenue au moyen du stabilisateur à chapelet de carènes de M. Hervé. (Projet.)

Remarque : Il est essentiel de ne pas confondre, comme on l'a fait presque toujours, la *divergence* et la *déviation*. M. Hervé a montré le premier la différence fondamentale de ces deux phénomènes, différence qui, négligée auparavant, a complètement induit en erreur les personnes qui se sont occupées de ces questions, et leur a fait croire à des déviations considérables, là où il n'en existait pas. La divergence peut être énorme et voisine de 90°, alors que la déviation est sensiblement nulle, comme nous le verrons plus loin.

III. — Critique des méthodes antérieures a 1885.

Il est facile de se rendre compte, à l'aide de cet aperçu historique, que tous les procédés proposés ou réalisés jusqu'à ce jour en matière de dirigeabilité dépendante partielle (terrestre ou maritime) ne relèvent que des deux méthodes caractéristiques définies au commencement du paragraphe précédent : *propulsion par réaction de la puissance, propulsion par réaction de la résistance.*

A la première appartiennent les variantes du système « voile et guide-rope » représenté, depuis l'origine de l'aéronautique, par Kratzenstein, Thilorier, Green, Busschop, Lhoste, Andrée, Sallé, Variclé, Santos-Dumont.

La seconde, indiquée par Renoir, comprend les appareils originaux de M. Hervé, qui reçurent les premiers la sanction de l'expérimentation en mer, et les dispositifs ou projets ultérieurs de Mallet, Jobert, Colladon.

Nous allons les examiner successivement, en indiquant les raisons qui ont déterminé M. Hervé à choisir la dernière.

1° *Propulsion par réaction de la puissance* (voile ou carène oblique et guide-rope).

Ce qui a d'abord paru nuisible à l'inventeur dans les systèmes de ce genre, c'est le caractère *accélérateur de dérive* du dispositif aérien déviateur. En effet, que l'on dispose obliquement une voile ou la carène elle-même, l'action propulsive ne sera due, dans les deux cas, qu'à la seule composante transversale de la normale, la composante d'entraînement subsiste ; elle est particulièrement notable, soit en raison des grands angles d'attaque qu'on est obligé de donner aux surfaces réagissantes, soit en raison de la très mauvaise utilisation des surfaces de carènes aéronautiques dont la nature est particulièrement désavantageuse. Or, la composante d'entraînement donne lieu à un accroissement de vitesse qui s'ajoute à celle de la dérive de l'organe résistant, et allonge d'autant le parallélogramme des vitesses, d'où une réduction de la déviation. Si, pour corriger ce résultat, on augmente la résistance de l'engin retardateur, on ne fait qu'accroître le second défaut du système, comme nous allons le voir.

Celui-ci, aussi préjudiciable que le précédent, et qui suffirait à condamner la méthode, est le *caractère symétrique de la résistance*. M. Hervé appelle ainsi toute résistance non susceptible d'une orientation secondaire variable (par rapport à sa remorque) et, par conséquent, purement passive dans tous les azimuths. Les cordes traînantes, les récipients et les flotteurs résistants, peuvent être, pour plus de clarté, remplacés en pensée par un cône-ancre de même effet retardateur. En supposant qu'un organe aérien soit apte à procurer au sustentateur une *divergence* de 90° au point fixe, ce qui est, bien entendu, impraticable, celui-ci devrait traîner, dans le mouvement orthogonal qu'on voulait lui donner, c'est-à-dire dans la direction utile, l'énorme résistance de son engin retardateur. C'est alors, en d'autres termes, un captif à qui l'on ne donne qu'une liberté illusoire, ayant pris soin de lui attacher d'abord au pied un obstacle qui s'oppose toujours à sa marche, où qu'il veuille aller. Et comme en réalité, tandis que le frein chemine si péniblement dans une voie latérale, l'ensemble dérive beaucoup plus rapidement sous le vent, il en résulte une *déviation* presque imperceptible, malgré la mise en jeu d'efforts très intenses maladroitement transformés ainsi en stériles remous aquatiques.

Un troisième ordre d'inconvénients provient de la *nature de la surface aérienne* réagissante.

Si cette surface est *une voile*, il faut que celle-ci possède un angle d'incidence très réduit et une surface considérable, afin de ne pas établir entre celle-ci et la section de l'aérostat, un rapport dérisoire (moins de 1/12e dans l'expérience de Lhoste). Or, la nécessité d'immenses voilures au plus près, trop lourdes, en partie masquées par le sustentateur, beaucoup trop encombrantes en l'air comme au départ et à l'atterrissage, constitue en fait une prohibition.

Si la surface réagissante est *la carène* elle-même, de nouveaux inconvénients, comme l'a dit M. Hervé, se superposent ici à de nouveaux dangers. En admettant, en effet, que le problème de la *stabilité d'incidence* horizontale de la carène allongée sustentatrice soit résolu, ce qui est loin d'être exact, la nature de la surface est aussi désavantageuse que possible. Elle serait déjà médiocre s'il s'agissait d'un fuseau cylindrique concave orienté longitudinalement ; elle est très médiocre pour un ruban longitudinal plan qui obéit à la loi du sinus carré ; elle devient franchement mauvaise avec une surface cylindrique convexe dans laquelle la perte marginale est énorme (on sait au prix de quelle résistance absolument formidable les ballons cerfs-volants obtiennent dans le plan vertical la réaction sustentatrice nécessaire) ; enfin la forme se trouve être à peu près aussi fâcheuse que possible avec les ogivoïdes, par exemple, ou avec les méridiens à courbure continue. De plus, l'assimilation des carènes aériennes aux carènes marines dans les manœuvres de dérive serait injustifiée non seulement par l'absence, dans les premières, de formes plates très actives à leurs extrémités, mais encore en raison de l'instabilité propre particulière des sustentateurs aériens allongés, par suite de leur immersion complète dans le fluide aérien et, par conséquent, de la suppression pour eux du *plan d'équilibre* assuré aux navires par la sustentation superficielle qui les affranchit en fait des difficultés de cet ordre. Le flotteur aérien (comme aussi le sous-marin) n'ayant pas l'avantage de se mouvoir dans le plan de séparation de deux fluides de densité très différente, a intérêt à ne pas compromettre une stabilité déjà trop précaire en prenant systématiquement les attitudes les plus aptes à en provoquer des perturbations incoercibles.

Lorsque nous aurons ajouté que la valeur de la résistance génératrice du vent sensible est, en outre, modifiée dans ces systèmes par les variations de l'équilibre vertical que suscitent les perturbations d'origine atmosphérique, on ne sera pas surpris que

l'auteur du matériel aéronautique maritime dont nous nous occupons ait rejeté dès l'abord comme inefficace la méthode de la déviation aérienne.

2° *Propulsion par réaction de la résistance.* — Considérons maintenant le cas où la déviation est produite par le remorquage oblique d'une surface immergée dans la mer. Trois avantages considérables de cette méthode, et qui donnent à son emploi un caractère parfaitement rationnel, ont été mis en lumière par M. Hervé.

Tout d'abord la grande densité du fluide où se mouvra la surface à réaction propulsive permettra de donner à l'organe déviateur une *surface très restreinte* et un faible encombrement pour une très grande puissance, condition incontestable d'efficacité.

Ensuite le choix pour l'organe retardateur d'une forme orientable possédant un axe de moindre résistance, permet un *déplacement transversal économique* de tout le système. En effet, la surface réagissante, faiblement inclinée sur la perpendiculaire à la direction du vent d'une quantité qui n'amoindrit pas sensiblement la résistance à la dérive, tout en suffisant à déterminer la propulsion, possède cette caractéristique précieuse d'offrir ainsi la résistance minima dans la direction où l'on veut aller, et d'opposer, au contraire, la résistance maxima dans la direction nuisible, ce qui est assurément plus logique que de traîner dans tous les sens une résistance invariablement énergique. On peut donc dire que, à ce point de vue déjà et par rapport à la méthode aérienne, la surface aquatique déviatrice fournit une composante propulsive *gratuite*, puisqu'elle n'est ici nullement accélératrice de dérive, au contraire de ce qui avait lieu pour la voile. Pour bien faire saisir ces avantages, supposons que, dans un système à voile et à flotteur résistant comme un de ceux dont nous avons parlé plus haut, on substitue au flotteur un plan *orthogonal* de même valeur retardatrice, il y aura alors un avantage évident à se débarrasser de la voile moins déviatrice qu'accélératrice de dérive, et à donner une légère inclinaison à la surface retardatrice qui, au lieu d'être traînée orthogonalement dans la direction choisie, remorquera sensiblement suivant son plan, c'est-à-dire avec une résistance infiniment moindre, tout le système. De là un allongement transversal du parallélogramme des vitesses, ou une augmentation de l'angle de la direction du vent et de la vitesse résultante, c'est-à-dire de la déviation.

Enfin, le troisième et le plus important avantage de la dévia-

tion aquatique, sur lequel l'inventeur insiste plus spécialement, c'est *l'effet réducteur de dérive que produit le mouvement de la surface déviatrice dans son plan*, principe remarquable dont la notion a conduit M. Hervé à l'établissement de ses déviateurs lamellaires. Le pouvoir antidérivateur d'un plan aquatique orthogonal remorqué horizontalement est comparable à celui d'une surface plane aérienne, également orthogonale, mais abaissée, par exemple, par la pesanteur comme dans un parachute; la dérive pour l'un, la chute pour l'autre, sont rapides, car l'inertie du fluide est mal utilisée; la surface ne s'appuie que sur des couches de fluide pour ainsi dire prévenues de proche en proche par elle-même de son passage, et qui se dérobent sous son action continue. Si, au contraire, la surface reçoit, pendant la dérive ou la chute, un mouvement latéral rapide dans son plan, elle rencontre constamment des couches de fluide dont l'inertie est intacte et qu'elle trouble peu. Le *recul*, comme on peut dire par analogie avec le cas de l'hélice, diminue à mesure que la vitesse augmente; l'économie de la sustentation, celle de la propulsion, celle de la dérive sont comparables. La translation des surfaces aéroplanes, propulsives, parachutes, paradérives, provoque des réactions d'inertie de même ordre; entre le parachute dirigeable et un déviateur aquatique, qui n'est autre chose qu'un *paradérive dirigeable*, la similitude est curieuse, et la démonstration qu'elle réalise ainsi de l'économie du mouvement transversal, a engagé M. Hervé à désigner ordinairement ses appareils sous cette appellation, qui met en relief l'un de leurs plus intéressants caractères. Nous verrons plus loin comment ses engins lamellaires ont été conçus de manière à tirer tout le partie possible de l'inertie du fluide, contrairement aux auteurs ou expérimentateurs des systèmes précédents à déviation aérienne et à résistance symétrique passive, systèmes où l'on se prive gratuitement du concours de l'agent le plus actif de la réduction de la dérive.

3° *Conséquences des considérations précédentes.* — Avant de passer à la description des déviateurs lamellaires, il semble utile, afin d'eviter des erreurs d'appréciation, de préciser quelques points de la question.

Nulle déviation (sans moteur) n'est réalisable sans la production d'une résistance qui détermine la formation d'un courant relatif, soit aérien, soit aquatique.

Il en résulte, dans les deux cas, un retard ou réduction de

dérive du sustentateur. Les déviateurs sont des transformateurs de direction de la vitesse; cette transformation ne s'effectue jamais sans perte.

Le retard, *pour une déviation donnée*, est plus grand dans les systèmes à propulsion aérienne (voile et corde traînante) que dans ceux à propulsion aquatique (paradérives dirigeables), pour les raisons énumérées plus haut.

L'emploi de la déviation aérienne n'est illogique que par la nature de l'organe retardateur proposé ou employé jusqu'ici avec la voile et caractérisé par sa résistance symétrique. Au contraire, une combinaison d'un déviateur aquatique, comme procédé principal de dirigeabilité dépendante, et d'un déviateur aérien, à titre simplement auxiliaire, permet de gagner un certain nombre de degrés (si la voilure est de proportions et de dispositions convenables, c'est-à-dire différentes de celles préconisées jusqu'ici).

Chapitre II.

Déviateurs ou paradérives lamellaires.

I. — But et caractères généraux.

Contrairement au stabilisateur, qui est un engin systématiquement *lourd* en aéronautique maritime, le déviateur doit être aussi *léger* que le permet la résistance physique nécessaire de cet organe, afin qu'il puisse être mis à l'eau ou remonté à bord aisément.

Il est utile aussi que son *encombrement* à bord soit très réduit, ce qui est également avantageux pour son maniement.

Enfin, *l'inversion angulaire*, c'est-à-dire le changement de bord de la déviation, doit s'effectuer sans danger, contrairement à ce qui arriverait si, dans cette manœuvre, la résistance mécanique devait passer lentement par son maximum.

Le premier moyen employé par M. Hervé pour la réalisation de ces desiderata, a consisté dans son invention du système de la *stabilisation triangulaire*, moyen indirect, mais extrêmement efficace d'allégement qui consiste, comme nous l'avons vu dans la première partie de ce mémoire, à séparer complètement les fonctions stabilisatrices et déviatrices en les attribuant à des organes distincts et spécialisés, ce qui permet de disposer très logiquement la pesanteur là où elle est nécessaire, c'est-à-dire

sur la verticale du point d'attache, et la légèreté là où elle est indispensable, c'est-à-dire sur l'engin déviateur.

L'autre moyen, direct celui-là et non moins efficace d'allégement, a consisté dans le *fractionnement de la surface déviatrice.* Or l'effet de cette heureuse innovation est double, il est organique et fonctionnel; l'allégement résulte du mode de construction et des propriétés dynamiques du système fractionné.

Au point de vue *organique*, il est facile de comprendre qu'il est plus aisé de donner une grande solidité à dix petites surfaces qu'à une surface décuple unique; cette indication se vérifie constamment dans les constructions ultra-légères et résistantes que nécessitent les conditions rigoureuses de la locomotion aérienne.

Au point de vue *fonctionnel*, l'inventeur a montré que le fractionnement procure une augmentation considérable de la puissance d'un déviateur de surface donnée, ou un grand allégement et une importante réduction de l'encombrement d'un engin de puissance donnée. La division, en petites surfaces, du plan longitudinal unique, indiqué précédemment, procure en effet une utilisation incomparablement meilleure de l'inertie du fluide, de deux manières: — par le groupement des surfaces élémentaires qui permet de présenter la *série* dans une attitude avantageuse sur la direction de la vitesse transversale; — et en outre, par l'attitude des *éléments* eux-mêmes, attitude qui peut être aussi la plus favorable, dans la série qui en est composée.

Considérons en effet un plan vertical allongé horizontalement, et mû longitudinalement sous un certain angle d'incidence, par exemple à la surface de l'eau *(fig. 10)*. Cet appareil constituera un mauvais paradérive dirigeable dans cette attitude; car, — d'une part le *mode d'action des filets fluides* suivant son axe de figure (pertes marginales, etc.), ne lui permet de produire qu'une action antidérivatrice très faible (de même que, dans l'air, les sustentateurs à plans longitudinaux ont une résistance de translation proportionnelle au sinus carré de l'angle d'incidence, et sont par conséquent de mauvais utilisateurs), — et d'autre part, la *section fictive* (que M. Hervé définit: la surface engendrée par le déplacement horizontal du déviateur dans son plan, à

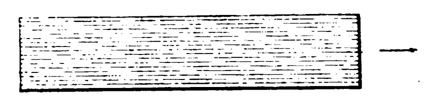


FIG. 10.

une vitesse donnée par seconde, ou section de fluide attaquée à cette vitesse) est très faible, l'arrière du plan passant ainsi pendant longtemps sur des parties de fluides déjà *couvertes* antérieurement par l'avant (1).

Supposons maintenant au contraire que le plan allongé, ci-dessus considéré, soit remorqué dans les mêmes conditions d'incidence, mais avec ses grands côtés orientés perpendiculairement à la direction de la vitesse, c'est-à-dire dans l'attitude debout *(fig. 11)*.

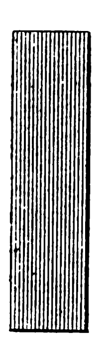


Fig. 11.

Ce même plan devient aussitôt un excellent paradérive, possède une grande section fictive et utilise excellemment l'inertie du fluide. En effet la perte marginale est ici très faible, les filets fluides ayant produit leur action sont presque aussitôt éliminés sans s'opposer à l'arrivée de nouveaux filets au contact du plan ; enfin celui-ci, à la même vitesse que dans le cas du remorquage longitudinal, couvre une section de fluide considérablement plus étendue, puisqu'elle est ici le produit de la hauteur (ou longueur) du plan, par la somme de sa largeur et de la vitesse transversale considérée, tandis qu'elle était seulement tout à l'heure le produit de la largeur par la somme de la longueur et de la vitesse.

Mais le remorquage transversal de ce plan debout est impraticable ; c'est le fractionnement qui va nous fournir deux solutions au moins équivalentes à la disposition théorique, et réalisables.

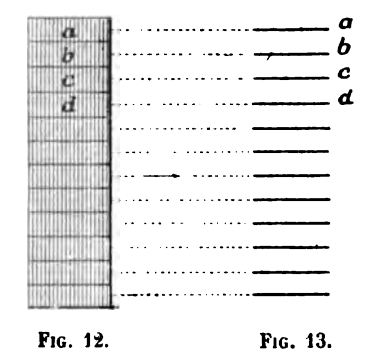


Fig. 12. Fig. 13.

Divisons ce plan en un certain nombre de bandes transversales *a*, *b*, *c*, *d*, *(fig. 12)*, faisons tourner chacune de 90° autour d'un de ses grands côtés *(fig. 13)*, inclinons la série ainsi formée dans l'attitude de la figure 14 et donnons aux bandes, ou lames élémentaires, une forme concave, la projection verticale de

(1) Cette expression de la *section fictive*, n'indique naturellement pas la *qualité* de l'aube déviatrice, mais elle donne sans nécessiter d'expériences, et par des considérations simplement d'ordre géométrique, un terme très utile de comparaison de l'aptitude de divers déviateurs à l'utilisation de l'inertie du fluide, à différentes vitesses.

toutes les aubes de cette série aura l'aspect de la figure 15, reconstituant sous une forme réalisable, et grâce au fractionnement, le plan transversal originel ; mais ici la disposition en ordre successif des éléments et leur superposition dans des plans différents, perpendiculaires à l'axe de la série, permettra de

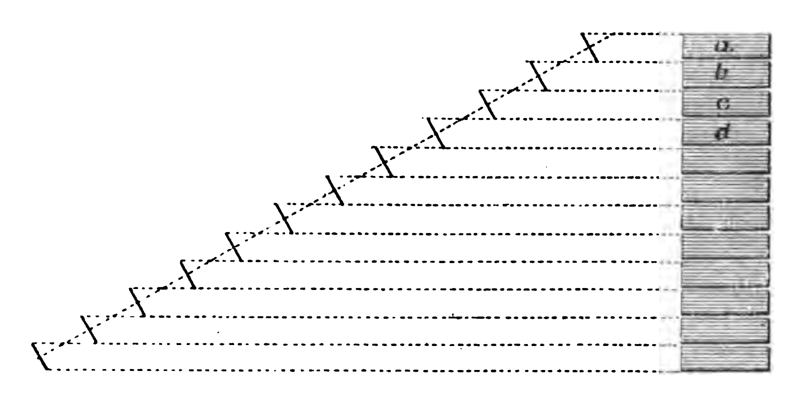


FIG. 14. FIG. 15.

mouvoir celle-ci de la même façon et avec les mêmes avantages que le plan allongé debout. Tel est l'un des deux modes de fractionnement, celui qui donne naissance aux déviateurs a maxima.

Pour obtenir la seconde solution, reprenons la segmentation représentée figure 12, conservons encore l'évolution ayant déterminé l'aspect de la figure 13, mais faisons tourner maintenant de 90°, dans le plan du papier, la *séric* ou pile de lames indiquée dans cette dernière figure, nous obtiendrons l'attitude horizontale *(fig. 16)* de cette même *série*, représentée enfin en perspective dans son attitude horizontale de fonctionnement *(fig. 17)*. Telle est la genèse des déviateurs a minima, issus du second mode de fractionnement.

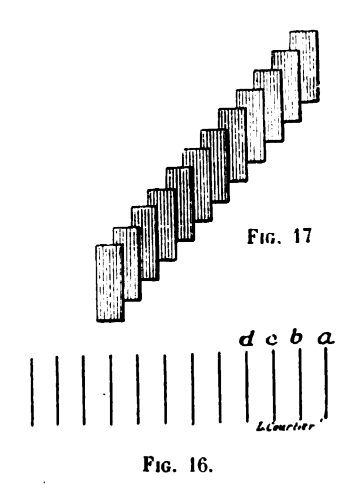


FIG. 17

FIG. 16.

On remarquera que dans les deux figures 15 et 17 qui représentent schématiquement les deux systèmes de déviateurs lamellaires de M. Hervé, la direction de la vitesse de dérive, indiquée par les

flèches, correspond pour l'un *(fig. 15)* à une attitude orthogonale des lames, et pour l'autre *(fig. 17)* à une attitude des lames parallèle à cette vitesse. Or, ces positions sont, pour les deux genres d'appareils, celles de la dérive sans déviation, celle où tout le système (sustentateur, stabilisateur, déviateur) se meut dans le *plan neutre*, c'est-à-dire est contenu dans le plan vertical, renfermant aussi la direction du vent vrai. Et c'est par ce plan neutre que devront toujours passer, dans cette attitude, les séries déviatrices lamellaires, quand le paradérive aura à évoluer pour effectuer le changement de bord, ou inversion angulaire de la déviation. Par conséquent le système figure 17, passera au moment de l'inversion par son attitude de moindre résistance, et le système figure 15, par ses attitudes correspondant à la région de résistance maxima. D'où les appellations qui les caractérisent et correspondent, en pratique, à des propriétés tout à fait dissemblables, bien que leurs avantages dynamiques en déviation ne soient pas ici mis en cause.

On voit aussi que le système a maxima est une série verticale de lames concaves, cheminant longitudinalement en déviation, tandis que le système a minima est une série horizontale de lames planes, marchant transversalement en déviation. La perte marginale des aubes du premier est très réduite par la concavité accentuée des fuseaux cylindriques qui la constituent. La planéité des lames du second, rendue nécessaire par l'utilisation alternative de leurs deux faces, ne réduit pas sa puissance, en raison de la section fictive considérable de ce genre de série lamellaire où les avantages de la réalisation, *par fractionnement*, d'une série équivalente à un plan à marche transversale, viennent se superposer aux avantages de même ordre résultant de *l'attitude également transversale des éléments* eux-mêmes sur la direction de la vitesse.

II. — Déviateur lamellaire a maxima.

Les *éléments* de cet appareil, dont le schéma de la figure 15 indiquait la disposition générale, sont des aubes concaves rectangulaires en bois *a, b, c (fig. 18)* assemblées vers leurs angles par des lames d'acier, ou bielles, articulées toutes d'égale longueur *(fig. 19)*. Les bielles de chaque extrémité se réunissent en une remorque correspondante montant jusqu'au sustentateur.

Lorsque les deux remorques sont d'égale longueur, les aubes

leur sont perpendiculaires, la déviation est nulle, l'engin fonctionnant alors simplement comme une ancre flottante d'une énergie particulière. Mais si l'on fait varier le rapport des lon-

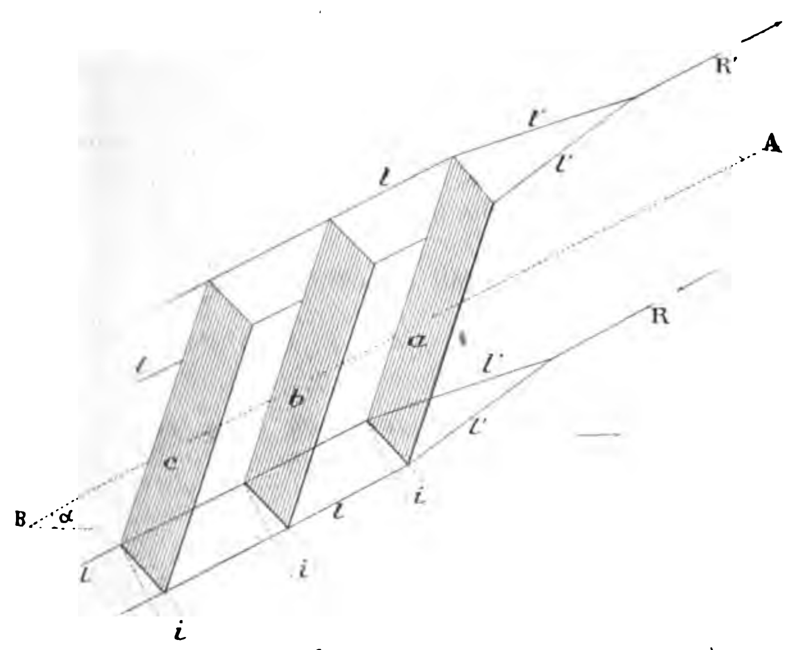


Fig. 18.

gueurs des remorques, en halant ou larguant l'une d'elles, les aubes sont alors remorquées obliquement, et cette incidence horizontale constitue l'angle générateur de la composante pro-

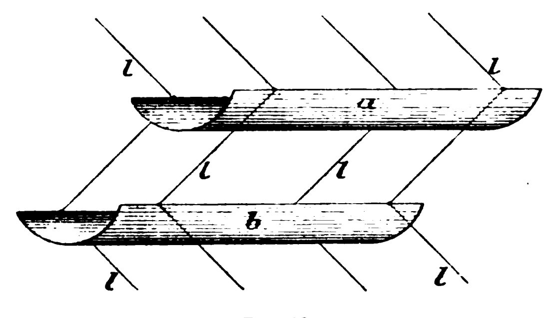


Fig. 19.

pulsive. La série diverge rapidement de sa position primitive et remorque tout le système d'un côté ou de l'autre du plan neutre.

L'*inversion angulaire*, quoique ayant lieu a maxima, présente peu d'inconvénients ici, en raison de la faible course nécessaire à l'inversion, et par conséquent de la rapidité possible de la manœuvre.

Comme nous l'avons déjà dit, les déviateurs de M. Hervé travaillent au-dessous de la surface à une profondeur constante et cette propriété, utile à la sécurité du fonctionnement, n'était pas le résultat le plus facile à obtenir. L'inventeur imagina, pour déterminer la stabilité de l'attitude inclinée *de la série* dans le plan vertical (20 à 30°) une méthode qu'il a appelée « *immersion dynamique* ».

On comprend qu'il serait impossible d'obtenir la stabilité

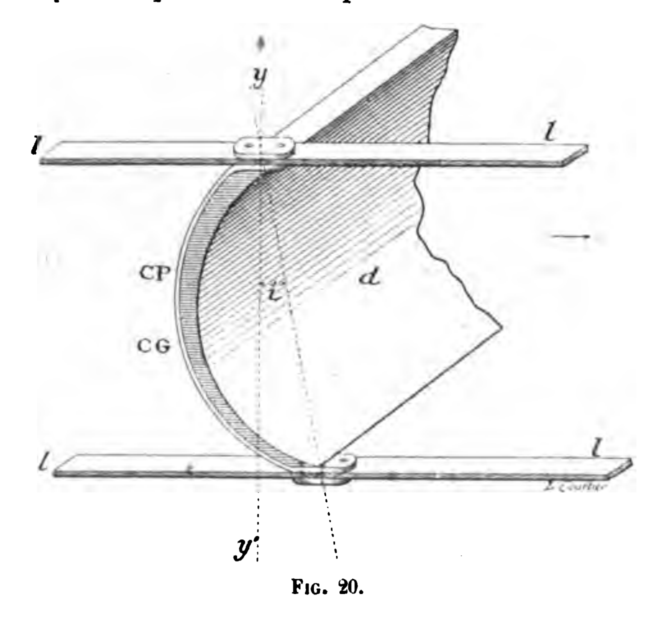


Fig. 20.

d'immersion au moyen d'un moment *statique* dû à la poussée d'un corps plongé, car celle-ci demeurerait constante à toutes les allures tandis que la perturbation varierait comme le carré de la dérive. Si, au contraire, on donne aux aubes une légère inclinaison transversale, en les faisant tourner de quelques degrés vers le fond autour de leur axe longitudinal (*fig. 20*), il en résulte une déviation de la normale qui n'est plus parallèle alors à l'axe de figure de la série; d'où une composante immersive dynamique. Si donc on a préalablement donné aux aubes un angle d'inclinaison verticale tel que l'action immersive qui en résulte soit égale à l'action émersive due à l'inclinaison verticale qu'il a fallu

donner à la série et à sa commande pour réaliser simultanément l'immersion du déviateur et l'émersion du sustentateur, ces deux actions antagonistes étant l'une et l'autre d'ordre dynamique il y aura *équilibre* à toutes les vitesses.

Et cet équilibre est *stable;* car toute perturbation tendant à ramener le déviateur vers la surface augmente son pouvoir immersif, en réduisant les actions antagonistes (composante émersive de l'obliquité verticale du remorquage, et résistances parasites transversales également émersives dues à la surface des bielles, à la projection de la convexité des aubes, à une forme particulière du bord inférieur de celles-ci, etc.); dans le sens

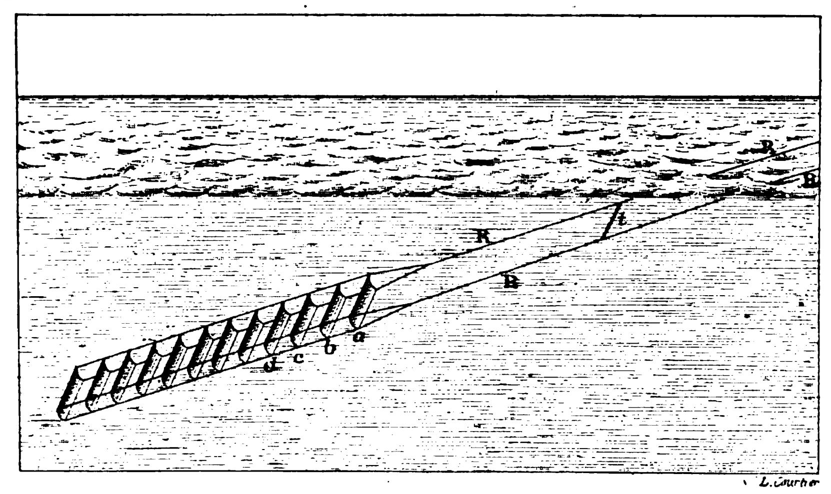


Fig. 21.

opposé toute perturbation tendant à augmenter l'angle vertical de remorquage, c'est-à-dire à faire plonger le déviateur, diminue son pouvoir immersif, en augmentant les actions antagonistes.

Tout ceci suppose bien entendu la constance préalable de la marche horizontale du sustentateur. Des embardées verticales importantes de ce dernier paralyseraient l'efficacité des moyens de stabilisation dynamique du déviateur. C'est pourquoi M. Hervé, considérant avec raison qu'une puissante stabilisation statique du sustentateur, utile à tant d'autres égards, était rigoureusement indispensable dans la marche au déviateur quel qu'il fût, a imaginé d'abord sa méthode de la stabilisation triangulaire intensive précédemment décrite, véritable clé des problèmes si ardus de stabilité dynamique des paradérives dirigeables.

Le *poids* de ces puissants engins de dirigeabilité dépendante est seulement de 10 à 12 *kg* par mètre carré de surface réelle active. Le déviateur a maxima destiné au *Méditerranéen* ne pesait que 24 *kg*.

Ce même type de déviateur *(fig. 21)*, expérimenté pour la première fois à bord du *National* par M. Hervé, en 1886, a permis d'atteindre une déviation mesurée supérieure à 60 degrés de demi-angle abordable, c'est-à-dire, pour les deux bords, 120 degrés ou le

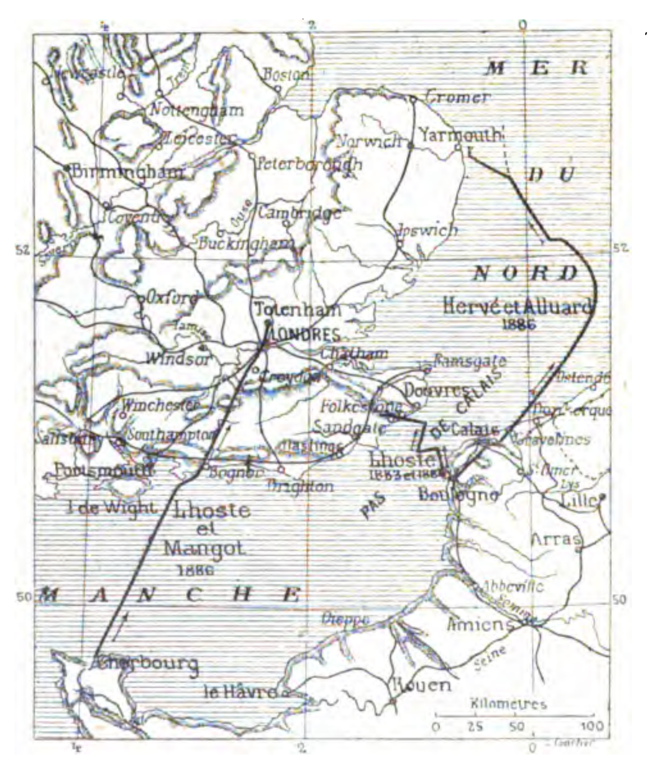


Fig. 22.

(La ligne pointillée indique la direction du vent.)

tiers de l'horizon. C'est ainsi que le *National* entraîné par le vent dans l'axe de la mer du Nord a pu arriver, après plusieurs heures de marche au déviateur, jusqu'au banc de Cross-Sand à 5 milles devant Yarmouth, où un remorqueur, envoyé du port à la vue du ballon, est venu le prendre le 13 septembre à 7 heures du soir après 24 h. 30 de voyage aéro-maritime, record de durée en outre, qui ne fut dépassé que quatorze ans plus tard sur terre. *(Carte fig. 22.)*

III. — Déviateur lamellaire a minima.

Les *éléments* de cette seconde forme des paradérives de M. Hervé, représentée schématiquement figure 17, sont des lames planes rectangulaires verticales, en bois, convenablement espacées, maintenues par leurs extrémités entre deux planches parallèles de même largeur qu'elles. Cet ensemble est rigide et constitue une sorte de boite plate très allongée, sans fond, et dans laquelle les éléments lamellaires forment autant de cloisons perpendiculaires à ses grands côtés *(fig. 23)*. La *série* ainsi produite, prend dans l'eau une position horizontale qui coïncide avec l'attitude verticale des *éléments*. Des deux petits côtés qui terminent l'appareil, partent, par l'intermédiaire d'une patte d'oie de répartition de l'effort, à chaque extrémité, une remorque s'élevant jusqu'au sustentateur.

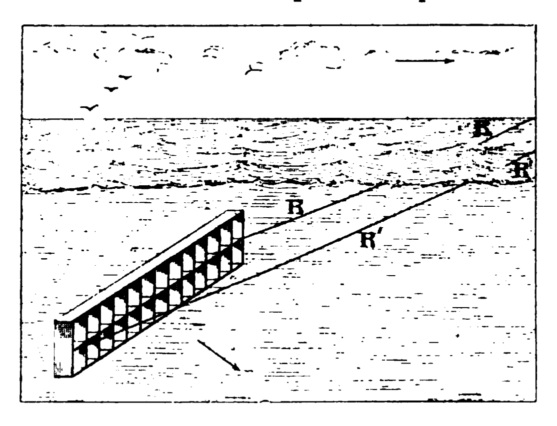


Fig. 23.

La *manœuvre* est aussi simple que pour le type a maxima. Si les deux remorques sont d'égale longueur *(fig. 24*, milieu), l'attitude, toujours horizontale, de la série est perpendiculaire au plan neutre, c'est-à-dire à la direction du vent vrai, mais celle des éléments, partie active du système, est parallèle à cette direction, elle est *agonale*, la déviation est nulle, et, comme toutes les parties de la série se présentent alors par leur tranche aiguisée, la résistance de translation du déviateur est minima. On dévie d'un bord ou de l'autre, suivant que l'on hale ou mollit l'une des deux remorques, la direction suivie par le système étant, si l'on néglige le *recul* du déviateur, parallèle aux éléments *(fig. 24*, droite et gauche).

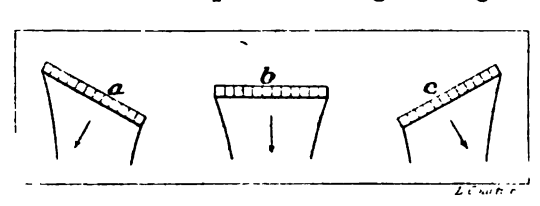


Fig. 24.

On voit que *l'inversion angulaire* est ici aussi favorable que possible, car le passage dans le plan neutre au moment du changement de bord coïncide précisément avec l'attitude de moindre résistance, d'où une importante facilité d'évolution même par une vitesse élevée de translation, qui rendrait délicate l'inversion a maxima. Et si le temps est assez mauvais pour que de grandes déviations, avec les grandes résistances qu'elles impliquent, soient inabordables, l'aéronaute pourra toujours, dans la marche au minima, se laisser dériver autant qu'il sera nécessaire pour sa sécurité en faisant aussi peu d'angle qu'il le désirera. Il prendra facilement ainsi, en d'autres termes, les allures de fuite, comme un bâtiment à voiles à la cape courante.

Le principe de *l'immersion dynamique* a été appliqué par M. Hervé aux paradérives a minima, comme aux engins a maxima, afin de les soustraire aux perturbations superficielles. Ce résultat a été obtenu de la façon la plus simple en donnant aux deux planches supérieure et inférieure d'assemblage des extrémités des lames verticales déviatrices, une certaine inclinaison transversale sur la direction de la vitesse *(fig. 25)* en sorte que, dans l'attitude verticale normale du déviateur, les lames longitudinales d'assemblage A, B, et, s'il y a lieu, la cloison médiane également longitudinale C, attaquent le fluide, dans la translation horizontale, sous un certain angle d'incidence *i*, d'où la production d'une composante immersive de même ordre que la composante émersive due à l'obliquité verticale du remorquage. La réaction immersive est ici encore extrêmement puissante en raison de l'orientation transversale des surfaces qui la déterminent. Voilà pour *l'équilibre*.

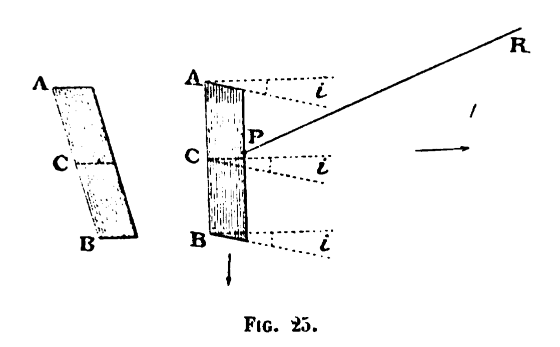


FIG. 25.

La *stabilité* de cet équilibre est remarquablement énergique, et facile à saisir. L'angle de la remorque R et du plan antérieur de la série étant constant par construction, comme cela résulte du mode d'attache et de la présence des répartiteurs latéraux, une élévation accidentelle du déviateur se traduit par une rotation de tout le système dans le plan vertical, autour du point ou de

l'axe d'articulation des remorques *sur le sustentateur*. Il én résulte une augmentation proportionnelle de l'angle immersif *i*, et un rappel dynamique descensionnel. Au contraire, une rotation descendante accidentelle du système, tendra d'abord à ramener à zéro l'angle immersif sur la direction horizontale de la vitesse, laissant ainsi à la composante émersive de remorquage oblique vertical, son action antagoniste intégrale; et de plus, si la rotation perturbatrice continuait, l'angle *i* changerait de signe, deviendrait négatif, c'est-à-dire émersif, lui-même, ajoutant sa composante de rappel à celle de l'obliquité de l'effort (*fig. 26*). La stabilité remarquable d'immersion de cet engin sous un angle vertical déterminé de remorquage, lui communique des propriétés très précieuses en ce qui concerne les manœuvres du mouillage et du dérapage. La figure E (*Pl. 16*) représente l'attitude d'un déviateur a minima en expérience sur la Seine, au moment où sa lame longitudinale inférieure est arrivée au contact de l'eau, sous un grand angle initial de remorquage ; l'incidence est négative, l'appareil fait de la réaction sustentatrice et ne plonge pas. A mesure qu'on va filer symétriquement ses remorques, l'incidence négative va diminuer, devenir nulle, l'immersion commencera, mais sa précision sera telle, que l'engin cheminera immergé exactement de la fraction de sa hauteur correspondant à l'angle vertical de remorquage (*Pl. 16, fig. F*, d'après une vue prise par un officier du croiseur d'escorte, pendant le mouillage du déviateur a minima, à bord du *Méditerranéen*). Et cette exactitude ne disparait pas dans les allures de déviation, comme on le voit par la figure H (*Pl. 16*), qui représente un déviateur a minima remorqué à grande vitesse par un bateau à vapeur, et marchant à demi immergé sous une divergence considérable. La progressivité initiale de l'action de cet appareil, et sa puissante stabilité sont deux de ses plus curieux caractères.

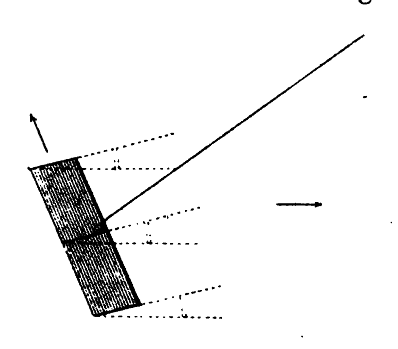


Fig. 26.

Est-il besoin d'ajouter, comme il a été observé plus haut à propos de la stabilité d'immersion du déviateur a maxima, que la stabilisation dynamique de l'angle vertical de traction serait illusoire par le déviateur seul, et que la condition *sine qua non* de

l'efficacité de celle-ci est la stabilisation statique intensive du sustentateur au moyen des engins et du gréement spécial dont nous avons montré, au début de cette étude, l'utilité fondamentale.

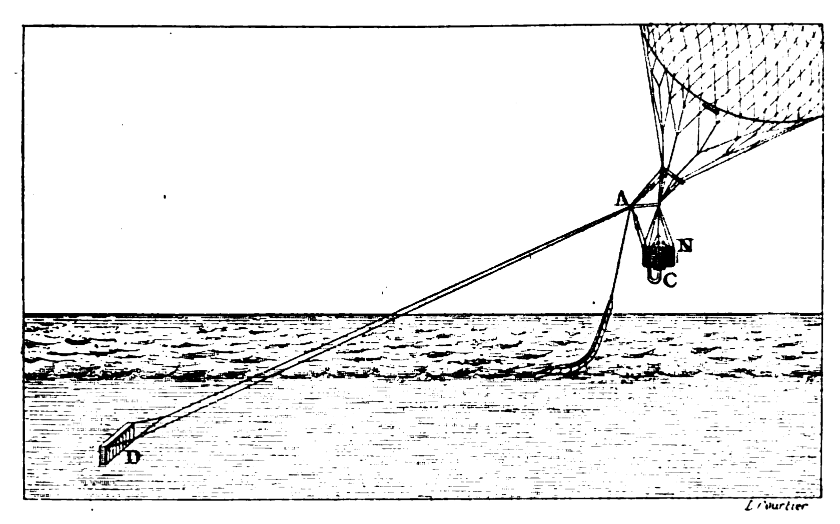


FIG. 27. — Le *Méditerranéen* et son paradérive minima.

Le *poids* des déviateurs a minima est le même sensiblement que celui des déviateurs a maxima par unité de surface. Rappelons que les premiers ont une section fictive considérable



FIG. 28.

et font, par conséquent, très peu de dérive, ou de recul, dans le remorquage oblique.

Le type de paradérive a minima de M. Hervé a été expérimenté

l'an dernier, au cours de l'expédition aéromaritime du comte de La Vaulx sur la Méditerranée (*fig.* 27), et a permis à l'aérostat, comme on le voit par la carte du voyage (*fig.* 28), d'éviter les côtes de Provence où il eût été drossé par le vent peu de temps après son départ et de poursuivre pendant 41 heures (record de durée) sa marche jusqu'au fond du golfe du Lion, où la persistance des vents d'est et de sud-est le contraignit à terminer l'expérience. Celle-ci est donc exactement la contre-partie de celle du *National* sur la mer du Nord. L'amplitude maxima de la déviation obtenue avec le paradérive du *Méditerranéen* a été, dans les conditions assez imparfaites de l'essai, d'environ 45°, soit un angle abordable total de 90°, ou le quart de l'horizon.

IV. — Comparaison des deux types de déviateurs lamellaires.

Autant qu'il est possible d'en juger d'après les deux grandes expériences des paradérives dirigeables de M. Hervé, faites sur la mer du Nord et sur la Méditerranée, et en admettant que le genre a minima ait atteint sa limite d'efficacité, ce qui ne pourra être élucidé que dans un nouvel essai, il paraît exact d'admettre que les deux genres fondamentaux de ces systèmes déviateurs sont doués d'aptitudes complémentaires.

Par des temps maniables, le type a *maxima* est tout indiqué pour permettre d'atteindre les *grands angles*, qui semblent avoir pour extrême limite l'ouverture de 65 à 70°, déjà difficilement accessible avec les seuls engins à propulsion aquatique dans la moyenne des conditions pratiques, de la navigation aéromaritime.

Si le temps devient plus mauvais, si les circonstances du mouillage sont plus difficiles, s'il est nécessaire, en outre, d'évoluer avec précision sous des angles faibles ou modérés avec de fréquents changements de bord, le type a minima s'impose.

La légèreté des deux appareils permet leur présence simultanée à bord.

La substitution est facile grâce à l'emploi de la manœuvre indirecte, c'est-à-dire à l'intervention du stabilisateur et du compensateur, permettant d'effectuer avec sûreté les modifications d'altitude du sustentateur susceptibles de favoriser très activement le mouillage et le dérapage des engins aquatiques de direction.

Le déviateur a minima, qui ne contient aucun organe mobile ou articulé, et joint à une grande efficacité une maniabilité supérieure nous paraît susceptible de fournir par la suite une solution suffisamment complète et remarquablement pratique du problème.

TROISIÈME PARTIE

APPAREILS, DISPOSITIFS ET PROCÉDÉS DIVERS

CHAPITRE PREMIER.

Suspension et nacelle. (Voir *Pl. 16, fig. D et G.*)

I. — SUSPENSION ARTICULÉE A COMMANDES LATÉRALES.

La suspension de la nacelle et le gréement général, parties importantes d'un ballon à déviateur, avaient dû, lors de l'établissement du matériel du premier aérostat de ce genre : le *National*, être l'objet de dispositions particulières et nouvelles. Celles-ci étaient destinées à permettre, sans nuire à la répartition normale des efforts, à la fois un mode *latéral* et *supérieur* d'attache des divers appareils d'équilibre, de déviation, de manœuvre et de leurs organes de commande dans le but de les rendre constamment accessibles; et une *indépendance* convenable entre les mouvements des engins et du sustentateur d'une part, et ceux de la nacelle d'autre part, afin d'assurer au plancher de celle-ci une horizontalité constante.

Ces conditions ont été réalisées par M. Hervé au moyen d'un axe général d'articulation situé entre la nacelle et un cercle supérieur recevant les suspentes du filet (*fig. 29*).

L'axe forme un des grands côtés d'un châssis latéral dont l'autre grand côté, parallèle au premier, est relié seulement au cercle, surplombe la paroi correspondante de la nacelle et porte les points d'attache des appareils et les treuils de manœuvre. Le châssis et le cercle forment donc un tout invariable, tandis que la nacelle oscille librement au-dessous.

En ascension libre, on supprime instantanément la faculté d'articulation et l'on donne de même la rigidité nécessaire à l'ensemble du gréement en agissant simplement sur un petit palan tendeur d'arrière qui raidit indirectement deux suspentes fixes particulières de l'avant et solidarise la nacelle avec la suspension supérieure.

La suspension articulée du *Méditerranéen* avait pu être réduite à *4 m* seulement de hauteur entre le cercle et la nacelle, sans perdre ses propriétés caractéristiques.

II. — Nacelle flottante a magasin.

La présence de nombreux cordages et de tous les organes de manœuvre d'un ballon maritime, les difficultés du maniement des appareils, la nécessité d'une habitabilité plus grande de la nacelle en raison de la longue durée du séjour à bord, rendaient

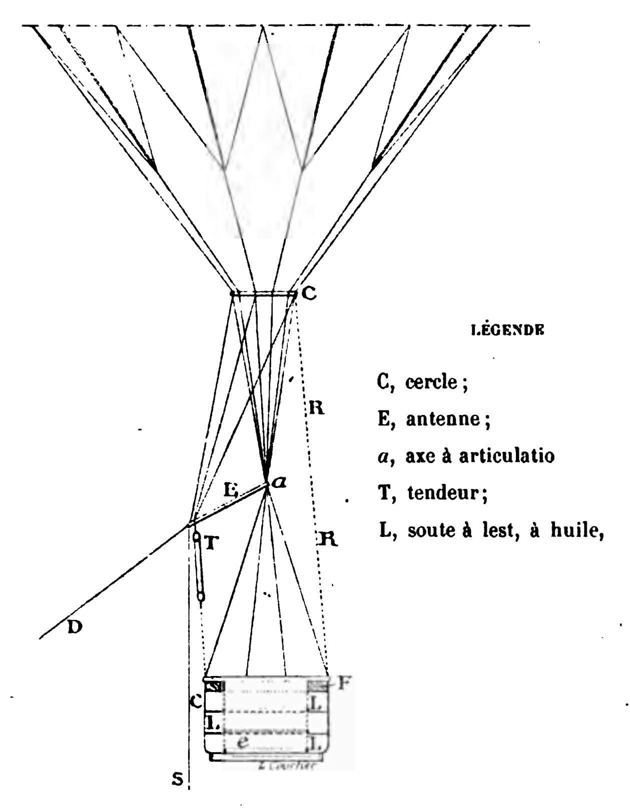


Fig. 29. — Suspension articulée à commande latérale et nacelle articulée.

indispensables des aménagements spéciaux et des précautions particulières.

Substituer au chaos traditionnel de sacs de lest, de cordages, d'engins, sur lesquels se tenaient tant bien que mal les aéronautes, un dégagement complet du *pont* de la nacelle devenait ici une condition, *non plus seulement de commodité, mais de sécurité.*

M. Hervé a obtenu ce résultat au moyen de l'arrimage méthodique de tous les objets d'intérieur dans trois étages de soutes

latérales, occupant toutes les faces intérieures de la nacelle dont elles forment le « magasin ». Ces rayons constituent, en outre, des nervures donnant une grande rigidité aux parois avec une faible augmentation de poids.

L'étage supérieur contient à son plafond, qui forme une *table* de 0,25 *m* régnant tout autour de la nacelle à l'intérieur, un bourrage en kapock procurant une flottabilité supplémentaire d'environ 140 *kg*.

La présence du *magasin* est, en outre, particulièrement commode à l'atterrissage par les facilités qu'elle présente pour l'emballage des instruments, qui se trouvent ainsi naturellement protégés et ne risquent pas en se brisant de blesser les voyageurs.

Toutes les opérations à effectuer à bord sont facilitées par la possibilité de poser immédiatement autour de soi les objets. Enfin, la table périphérique supérieure est aussi une sorte de balcon (ou de banquette), sur lequel on peut se tenir assis, ou même étendu, ou bien debout sans fatigue ni danger dans le cas d'une intervention nécessaire dans le gréement et notamment parmi les organes multiples de la machinerie contenue dans le châssis supérieur directement accessible de ce point.

Les dimensions extérieures de la nacelle du *Méditerranéen* étaient : 2,25 *m* de longueur, 1,60 *m* de largeur, 1,10 *m* de hauteur. Elle pesait 220 *kg*. Les aménagements intérieurs n'entraient dans ce total que pour 30 *kg*.

Chapitre II.

Engins de ralentissement et d'arrêt.

I. — Freins aéronautiques a résistance variable.

Il est indispensable, en navigation aéromaritime, que l'aéronaute puisse constamment réduire la vitesse de dérive du sustentateur qui peut être initialement considérable et égale à la vitesse du vent. Il est nécessaire, en outre, que cette réduction soit progressive et variable dans toute proportion requise.

Sans doute les engins résistants *actifs*, et particulièrement les déviateurs a minima, fournissent un moyen efficace de modifier la vitesse non seulement en direction mais en grandeur, et permettent ainsi, à la fois de retarder la marche dans une proportion considérable, par exemple pour se laisser suivre ou atteindre

par un bâtiment et de se mouvoir dans une direction utile. Mais cette solution n'est complète qu'en apparence, ainsi que l'a exposé M. Hervé dans le chapitre XII de son ouvrage sur les *Ancres de cape* (1). Il reste en effet : 1° à faciliter la mise en œuvre du déviateur aux vitesses élevées; 2° à remplacer le déviateur dans son rôle de frein lorsque l'état de la mer et la vitesse du vent ne permettent plus l'emploi de cet appareil; 3° à remplacer encore le déviateur dans son rôle de frein, au cas où cet appareil viendrait à subir une avarie qui le laissât désemparé. On voit que l'emploi d'un engin auxiliaire s'imposait.

L'usage, général auparavant, d'une seule ancre de cape (cône-ancre) à bord d'un aérostat, obligeait à donner à celle-ci de grandes dimensions pour assurer son efficacité dans les cas urgents où elle est ordinairement appelée à intervenir, d'où une action très brutale et invariable, faute d'un dispositif modificateur de la résistance. Aussi M. Hervé s'était-il arrêté d'abord à l'emploi de *deux cônes-ancres indépendants et inégaux*, susceptibles d'être mis en action simultanément ou isolément, le plus grand par temps maniable, le plus petit par temps dangereux; celui-ci le premier ou le dernier suivant les cas. La section de l'un était le double de celle de l'autre. Mais cette solution, déjà avantageuse, était encore insuffisante au point vue de l'étendue de la variabilité de la résistance et à celui de la dissymétrie des efforts. L'étude d'un mode particulier de dérapage permit d'abord d'obvier au premier de ces deux inconvénients, dans une assez large mesure, mais en rendant moins simple le système.

La combinaison suivante parut à l'inventeur devoir concilier les exigences du problème. A chacune des extrémités du grand côté arrière du châssis situé entre la nacelle et le cercle, est amarrée, par l'intermédiaire d'un léger palan à cordes, une remorque traversant de distance en distance de petits cônes de toile *non étanches (fig. 30)*, formant une série de freins, soit égaux entre eux, soit de résistance, c'est-à-dire de section, variable et croissante de l'arrière à l'avant de la série. Les deux séries sont latérales, symétriques. L'arrière B de chacune est faiblement lesté, et muni au besoin d'une petite bouée pneumatique C limitatrice d'immersion.

(1) Pour tout ce qui concerne l'histoire des *Engins de cape*, dont l'origine remonte, en marine, au ve siècle avant notre ère, de même que pour l'étude détaillée des freins aéronautiques en particulier, nous renverrons le lecteur à cet ouvrage (1 vol. in-4° de 216 p. et 162 fig. Librairie du *Yacht*, 55, rue de Châteaudun, et Masson, éditeur).

La disposition *latérale* évite la confusion avec le stabilisateur situé dans le plan de symétrie et permet d'effectuer, dans l'intervalle libre des deux séries, les manœuvres de mouillage par exemple d'un déviateur.

La disposition *en arrière* de l'axe d'articulation assure la stabilité d'orientation du sustentateur et par conséquent la constance de l'écartement des deux séries parallèles de freins.

Le *mouillage* s'effectue en larguant simultanément et également les palans des freins.

La *variation de résistance* s'obtient soit par une action *directe* et toujours symétrique sur les deux séries, soit au moyen de la *manœuvre indirecte* de ces séries de cônes dépendants. En effet nous avons admis implicitement ici, que cette nouvelle circonstance

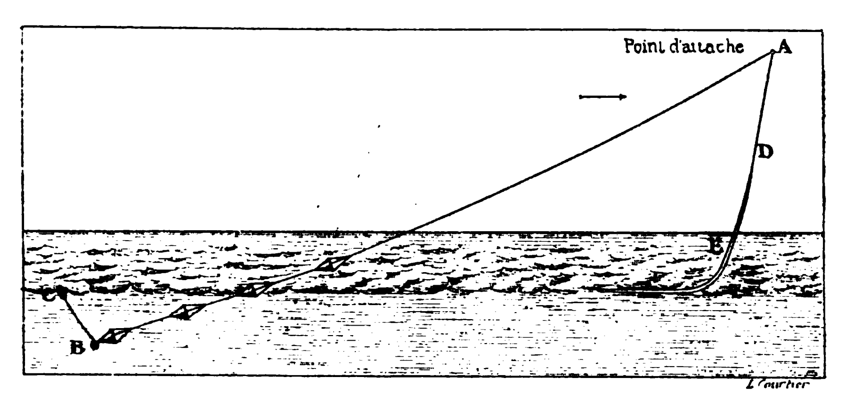


Fig. 30.

de la dérive retardée, qui consiste dans le freinage auxiliaire, a imposé, ici comme pour tous les autres cas analogues, l'emploi de la stabilisation triangulaire, dont le caractère d'utilité générale se trouve encore confirmé par cette application. Or, il suffit avec ce gréement de faire varier la touée D de l'engin stabilisateur E pour modifier l'angle vertical de traction, et (la longueur de la remorque demeurant invariable) le nombre des éléments en activité, c'est-à-dire la résistance.

Le *dérapage* des deux séries n'est que le résultat de la continuation de cette *manœuvre indirecte*. Il a lieu lorque les touées du stabilisateur et des séries sont égales. Il n'est possible que grâce à la grande réserve de puissance statique du stabilisateur (appropriée au besoin à la circonstance par l'intervention du compensateur), et à la faveur de la perméabilité systématique des cônes,

suffisamments ouverts à leur partie inférieure pour que leur action reste purement dynamique, à l'exclusion de tout effet de lestage statique par accumulation permanente d'eau dans leur capacité.

On voit que les freins hydronautiques en série double, de M. Hervé, leur disposition symétrique dans le gréement, et l'emploi de la manœuvre indirecte, suppriment tout orin de dérapage partiel ou total, laissent pendant le freinage un intervalle libre entre les séries pour les manœuvres, ne déforment pas les éléments résistants qui possèdent en outre une reprise sûre, et procurent une grande latitude dans le choix de la réduction convenable de la dérive de l'aérostat dans tous les cas où cette fonction ne peut être confiée au déviateur.

II. — Ancre d'arrêt.

Bien que cet engin ne soit appelé à intervenir qu'à l'issue d'un voyage aéromaritime et presque en dehors de celui-ci, nous croyons devoir dire quelques mots de l'ancre de M. Hervé, en

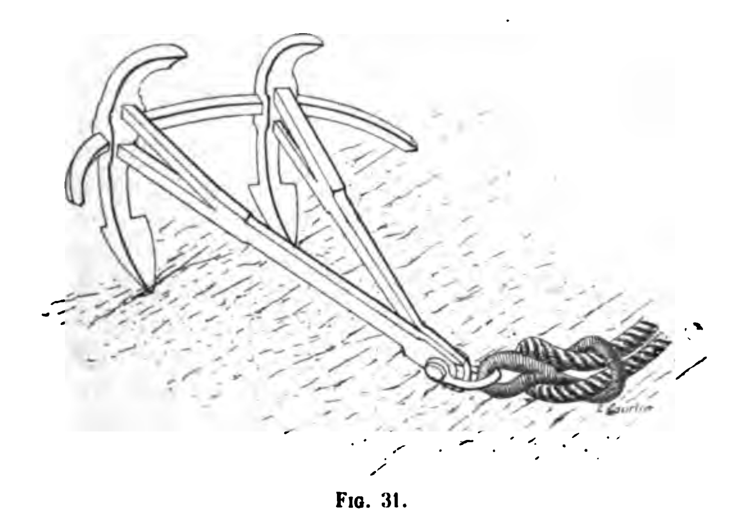


Fig. 31.

raison de ses dispositions originales et de son mode de construction approprié au cas des ascensions maritimes.

L'appareil se compose de deux ancres sans jas, conjuguées dans l'attitude normale de prise, au moyen d'une pièce d'assemblage horizontale et recourbée vers l'avant. Cette pièce, que M. Hervé a appelé un *jas actif*, (par opposition au jas ordinaire

qui ne contribue pas à l'arrêt et nuit au contraire à la stabilité de l'ancre aux grandes vitesses de dérive habituelles en aéronautique) sert en effet à la fois : à empêcher toute attitude de l'engin autre que celle dans laquelle les deux ancres couplées sont normales au sol ; et à procurer en outre un puissant moyen d'arrêt *sur les obstacles verticaux* (tels que les arbres), dont la présence est particulière au cas de l'ancrage aéronautique. L'ancre double à jas actif possède donc six branches et constitue un puissant organe d'arrêt. Elle a été maintes fois employée en aéronautique depuis la première expérimentation en août 1884.

L'ancre du *Méditerranéen (fig. 31)* était construite en *acier au nickel non magnétique*, afin de ne pas influencer le compas. Comme ce métal ne se soude pas et ne se travaille en général qu'avec une extrême difficulté, il avait fallu adopter un mode spécial de construction par assemblage à fourche des tiges avec les branches. La résistance du métal est d'environ 85 *kg* par millimètre carré. Le poids de l'ancre était de 38 *kg*.

Chapitre III.

Organes de commande.

I. — Treuils.

Il ne suffisait pas d'avoir réussi à établir des appareils efficaces, les uns par leur poids très élevé, les autres par l'intensité considérable des efforts définis qui leur incombaient, il fallait en demeurer maître constamment, même en tenant compte des effets d'inertie, particulièrement énergiques avec un matériel aérien de plus de 3 *t*, soumis aux grandes dérives aériennes. Haler à bord les déviateurs ou le stabilisateur, leur donner avec précision la touée convenable sans avoir à exercer d'effort pour maintenir la charge d'une façon invariable, et cela au moyen d'appareils de levage aussi légers que peu encombrants, susceptibles en outre de filer une longueur de remorque pouvant atteindre 150 *m* (cas du stabilisateur), était certainement une tâche peu aisée.

M. Hervé imagina à cet effet de petits toueurs funiculaires cannelés, ou treuils à cordes sans magasinage, pouvant agir sur des longueurs indéfinies de cordage, et commandés à bras pour cette première expérience du *Méditerranéen*. Le *National*, en 1886, n'avait que 1 200 m^3 de capacité, et était gonflé au gaz d'éclairage ;

son poids ascensionnel total était seulement de 864 *kg*. On s'y contenta de simples palans qui suffisaient à la rigueur, en raison de l'importance beaucoup moindre des efforts.

Les treuils du *Méditerranéen* pesaient 25 *kg* pour une puissance maxima de levage d'une tonne environ. Ils étaient disposés à l'arrière du châssis; on en aperçoit les poulies de manœuvre au dessous de celui-ci (*Pl. 16, fig. G*). Leur emploi a permis notamment d'effectuer avec une sûreté très remarquée toutes les manœuvres d'accostage avec le croiseur d'escorte.

II. — Cordages de manœuvre.

Une des premières préoccupations de M. Hervé, dès l'époque de la préparation du matériel du premier ballon à déviateur qui évolua, il y a seize ans, sur la mer du Nord, fut de remédier aux inconvénients considérables du « surcommettage » des remorques et des manœuvres funiculaires diverses, c'est-à-dire à la fâcheuse propension que possèdent des cordages parallèles voisins de s'enrouler les uns autour des autres, comme si on leur avait imposé un commettage supplémentaire. Or, il suffit de quelques tours pour rendre insurmontable la résistance de frottement latéral qui s'oppose alors au mouvement longitudinal des commandes, et ce phénomène interdisait le plus souvent l'emploi de commandes flexibles à distance, par exemple au moyen de palans à cordes à longue course, si utiles dans beaucoup de cas à bord.

En effet, le surcommettage a deux causes principales : 1° les variations de tension de chaque cordage sous l'influence d'actions physiques ou mécaniques, d'où une modification positive ou négative de l'équilibre de torsion et, en conséquence, une rotation du cordage autour de son axe ; — 2° une torsion générale du groupe de commandes, même en équilibre indifférent, sous des actions perturbatrices extérieures.

Pour corriger les rotations primaires (ou individuelles), M. Hervé avait imaginé, à cette époque, un émerillon à billes, d'anti-torsion, applicable au cas où l'élément funiculaire possède une extrémité libre.

Pour corriger les torsions secondaires (ou collectives) un émerillon d'anti-commettage intervenait utilement quand le groupe funiculaire ne comportait que deux éléments. Mais la difficulté restait entière pour les groupes de plus de deux éléments,

comme lorsqu'il s'agissait d'assurer l'indépendance des garants d'un palan en quatre ou en six. Encore le frottement de l'émerillon peut-il être trop élevé, même pour les cas auxquels il s'applique.

Aussi l'inventeur résolut-il de substituer, aux cordages commis, des *tresses*, cordages dans lesquels les variations de tension élémentaires se traduisent seulement par des frottements intérieurs compensés. Les tresses cylindriques fournissent une solution de peu de valeur mécanique ; il n'en est pas de même des tresses carrées. Celles-ci, dont la fabrication fut alors étudiée en vue de la production de cordages résistants, donnèrent des résultats comparables à ceux des cordages commis de même poids.

Mais si la tresse n'est pas exposée, même mouillée, à la torsion primaire spontanée, elle pourrait cependant recevoir une *torsion de lovage* qui annihilerait ses qualités. De là, l'emploi du lovage alternant préconisé par M. Hervé, et grâce auquel, à bord du *National* et du *Méditerranéen*, des palans en six à longue course avec cordages tressés purent être manœuvrés sans mécomptes.

Comme on le voit sur la figure D, notamment, les deux manœuvres du déviateur à maxima étaient des tresses. Leur action isolée à longueur constante ne nécessitait pas ici un lovage particulier.

Le coefficient de rupture des tresses carrées, en faisceaux de fils et en matériaux de bonne qualité, est de 11 000 à 10 000 (pour des sections de 2 à 3 cm^2). Il est plus élevé pour des tresses en cordeaux, de même qualité. Ces deux types de tresses carrées sont homogènes et flexibles ; leurs épissures spéciales ne cèdent jamais avant le cordage, et n'exigent qu'un mode opératoire particulier sans difficultés.

La tresse à longue touée du stabilisateur du *Méditerranéen* était enduite d'une préparation isolante et hydrofuge (en prévision d'accidents possibles de fulguration) et dans la composition de laquelle n'entraient, ni paraffine, ni matières grasses.

Chapitre IV.

Emploi du filage de l'huile en aéronautique.

Cette intéressante méthode, appelée à rendre d'importants services en aéronautique maritime, a été introduite en 1886 par M. Hervé dans la technique aéromaritime pour y remplir un double but : — faciliter la manœuvre et le fonctionnement des engins aquatiques; — contribuer à la protection des aéronautes en cas de naufrage.

C'est la première de ces deux applications qui a été réalisée lors du voyage du *National*, au cours duquel l'improvisation du filage permit de constater son efficacité immédiate et l'utilité de son rôle transformateur du profil ondulatoire des vagues. On sait en effet que la présence d'une pellicule infiniment mince d'huile à la surface de la mer modifie la nature de l'agitation, supprime les brisants et transforme les lames déferlantes ou les crêtes aiguës des clapotis du large (1) en une houle longue, maniable et inoffensive. Par conséquent le filage supprime ou réduit considérablement les chocs de contact ou de remorquage des compensateurs et des stabilisateurs qui, ainsi, fatiguent beaucoup moins et font moins de résistance; il est surtout extrêmement précieux dans les manœuvres de mouillage et de dérapage des déviateurs (ce que nous avons dit, par exemple, des attitudes de prise initiale du « minima » en fait saisir tout l'intérêt). Le dispositif de filage du *Méditerranéen* était conçu de manière à reporter aussi loin que possible sous le vent les deux ou trois points de dispersion de l'huile en raison des grandes vitesses aéronautiques de dérive. A cet effet : 1° les sacs à huile descendaient de l'équateur et à l'avant du ballon, l'un au milieu, les deux autres symétriquement à distance de chaque côté du premier, de manière à couvrir l'engin en divergence situé au vent par rapport aux sacs. Dans le même but, c'est-à-dire pour augmenter la dérive du point de dispersion, le filage devait se produire *non par le sac lui-même* (que la résistance du fluide eût entraîné au vent jusque sous la nacelle et même au delà) mais

(1) Au voisinage immédiat des côtes l'influence du fond peut rendre inefficace le filage de l'huile, d'où l'abstention justifiable qu'on en pratique souvent dans des cas d'échouement. Dans la plupart des sinistres à la côte cependant, l'action du filage, quoique moins complète qu'au large, ne devrait pas être négligée.

par *un appendice funiculaire*, recueillant le suintement oléagineux sur les parois du récipient pour le conduire à la surface de la mer, et d'une longueur telle que les oscillations verticales du sustentateur n'eussent pu amener les sacs eux-mêmes au contact, sauf dans des embardées exceptionnelles. Le calme de la mer ne permit pas l'an dernier de faire cet essai de filage indirect.

En ce qui concerce la seconde application aéronautique du filage de l'huile : la préservation des naufragés, rappelons que le capitaine Conseil disait judicieusement, en 1863, à propos de l'emploi du filage de l'huile au sauvetage du personnel d'un bâtiment naufragé : « C'est donc un excellent moyen à employer » quand on est obligé de sauver son monde en le faisant se jeter » à la mer. On répand, du navire ou de l'embarcation, une certaine quantité d'huile dans la mer, et on profite de l'accalmie » qu'elle produit sur la lame pour le débarquer. » Or la situation d'aéronautes « en cape sur la nacelle traînant à la mer, avec ou sans frein spécial de dérive, est tout à fait assimilable à celle de naufragés à la nage ou sur des épaves, et la situation serait identique si une circonstance obligeait les aéronautes à quitter la nacelle flottante, leur dernier abri ».

Dans ce cas extrême le filage de l'huile, pratiqué individuellement, permettra encore, tant qu'il durera, d'écarter du naufragé le danger des volutes dont aucun flotteur ne permet de braver longtemps le choc et l'enveloppement sans trêve.

CONCLUSION

Comme on a pu s'en rendre compte, par la lecture de ce trop long et peut-être bien aride exposé, les recherches expérimentales, poursuivies par l'Ingénieur Hervé depuis 1885, dans le but de rendre accessibles, sans témérité aux aérostats les vastes étendues de la mer, ont porté sur quatre points principaux, constituant les bases de l'aéronautique maritime.

1° L'*équilibre dépendant*, c'est-à-dire au moyen d'organes en contact temporaire ou permanent avec la mer;

2° La *dirigeabilité partielle* dépendante, obtenue dans les mêmes conditions, et limitée sensiblement à la moitié de l'horizon ;

3° L'*équilibre indépendant* réalisé à toute altitude requise, sans communication avec la surface liquide;

4° L'*application* des trois méthodes aux systèmes à dirigeabilité complète et indépendante.

Le dernier et remarquable essai, réalisé à bord du *Méditerranéen*, a pleinement confirmé les espérances qu'avait fait naître celui du *National*.

Il est dès maintenant acquis :

1° Que la sécurité des voyages aéro-maritimes, jusque-là trop souvent meurtriers, est assurée par l'emploi des méthodes de stabilisation dépendante;

2° Que la dirigeabilité partielle peut s'effectuer efficacement dans un secteur de 80 à 120° ! suivant le type d'engin déviateur adopté.

Enfin, il n'est pas sans intérêt de faire remarquer que le lieutenant de vaisseau Tapissier, qui, avec le comte de Castillon de Saint-Victor, complétait l'équipage du *Méditerranéen*, a pu faire le point pendant tous le cours du voyage, avec une exactitude rigoureuse, contrôlée par les observations faites simultanément à bord du *du Chayla*, le bateau convoyeur, qui était commandé par le distingué capitaine de frégate Serpette.

Le comte Henry de La Vaulx et ses collaborateurs, encouragés, au moins par les merveilleux résultats obtenus, ne veulent pas laisser à d'autres le soin de compléter la démonstration qu'ils ont si heureusement commencée, de l'efficacité absolue des systèmes de l'Ingénieur Hervé; ils organisent pour cette année même une nouvelle expédition, au cours de laquelle le troisième terme du problème, l'*équilibre indépendant*, pourra être abordé sans témérité, en même temps que les deux premiers seront l'objet d'études complémentaires dans les multiples circonstances de cette navigation très particulière, à laquelle leur initiative, féconde en résultats, a donné l'essor !

TABLE DES MATIÈRES

Introduction.

PREMIÈRE PARTIE

Équilibre.

DEUXIÈME PARTIE

Déviation.

TROISIÈME PARTIE

Appareils et procédés divers.

(1) Seront décrits ultérieurement. Ces appareils n'ayant fait l'objet d'aucune expérience.

CHRONIQUE

N° 265.

SOMMAIRE. — Les chemins de fer des Grisons. — Chemins de fer au Brésil. — Une explosion de chaudière. — Moteurs à alcool. — Utilisation des déchets de bois. — — Procédé pour solidifier l'ammoniaque du commerce. — Chaleur développée par les lampes à incandescence.

Les chemins de fer des Grisons. — Les chemins de fer des Grisons ont actuellement en exploitation deux lignes : celle de Landquart à Davos, de 50 *km*, qui atteint son point culminant à Wolfgang, à l'altitude de 1 634 *m*, et qui présente des déclivités allant jusqu'à 45 0/00, et la ligne de Landquart-Thusis, de 41 *km*, dont le point culminant est à Thusis, à 700,50 *m*, mais dont les déclivités ne dépassent pas 25 0/0. Ces deux lignes sont à la voie de 1 *m*.

On construit actuellement, grâce à une subvention de 8 millions, sous forme d'actions de deuxième rang, fournie par la Confédération, deux autres lignes : celle de Reichenau à Ilanz et celle de Thusis à Saint-Moritz; cette dernière constitue un travail des plus intéressants à cause du tracé et des difficultés qu'on a eu à vaincre pour l'exécution. Nous extrayons les renseignements suivants d'une description donnée par M. l'Ingénieur en chef Hennings dans la *Schweizerische Bauzeitung*.

La ligne de Thusis à Saint-Moritz a 62,8 *km* de longueur; son point de départ est à 700,50 *m* et son point d'arrivée à 1 774,60 *m*, mais son point culminant est au milieu du tunnel de l'Albula, à 1 825,40 *m*.; le premier est sur la rivière de l'Albula, tributaire du Rhin postérieur, l'autre sur l'Inn, affluent du Danube, et la ligne traverse le point de partage au col de l'Albula par un tunnel important. Sur la partie méridionale, c'est-à-dire du côté de l'Inn, le tracé est relativement facile, mais au nord, du côté du Rhin, il a fallu recourir à divers artifices pour trouver le développement nécessaire, malgré les déclivités adoptées, dont le maximum s'élève à 35 0/00 et les nombreuses courbes dont le rayon descend jusqu'à 100 *m*. Entre Thusis et Saint-Moritz, il y a 16 *km* en tunnels et 2,7 *km* en viaducs, soit respectivement 26 et 4,5 0/0 de la longueur.

La ligne est à l'écartement de 1 *m* et construite à simple voie. Les rails pèsent 25 *kg* par mètre courant sur les sections à déclivités égales ou inférieures à 25 0/00 et 27 *kg* sur les sections à plus fortes rampes. Les traverses sont en acier doux et pèsent 37 *kg* chacune, mais, dans les tunnels, d'après l'expérience acquise au Gothard et à l'Arlberg, on posera des traverses en chêne préparé.

C'est entre Thusis et Tiefenkasten, 12,6 *km*, que commence la partie la plus difficile du tracé. Cette section a 33 0/0 de sa longueur en tunnels et 15 0/0 en viaducs. Sur ces derniers, on ne trouve qu'un seul

ouvrage en métal, le pont sur le Rhin, à Thusis, de 80 *m* de portée avec deux approches en arcades de maçonnerie ; on peut citer le viaduc de Solis qui a une arche en plein cintre de 40 *m* d'ouverture. Sur cette partie, les déclivités ne dépassent pas 25 0/00 et le coût est de 275 000 *f* le kilomètre.

Après vient la section de Tiefenkasten à Filisur, de 10,4 *km*, partant d'une altitude de 887 *m* pour arriver à une de 1 083,50 *m*. Elle présente deux viaducs importants ; celui du Schmittentobel a 140 *m* de longueur et 35 *m* de hauteur à sept arches en maçonnerie ; il est en courbe de 140 *m* de rayon et en rampe de 25 0/00, et celui de Landwasser, de 217 *m* de longueur, à cinq arches également en maçonnerie, en rampe de 20 0/00 et en partie en courbe de 100 *m* de rayon. A la suite de ce viaduc, le tracé se continue par un tunnel de 213 *m* pour arriver à la station de Filisur où doit aboutir plus tard un embranchement reliant la ligne dont nous nous occupons à celle de Davos.

A Filisur commencent les rampes de 35 0/00 réduites à 30 dans les tunnels. Jusqu'à Bergün, distance 9,3 *km*, altitude de départ 1 083,50 *m*, altitude d'arrivée 1 375,60 *m*, on a dû se procurer un développement artificiel de 1 200 *m* environ au moyen de détours dont une partie en tunnels ; la longueur collective de ces derniers atteint une proportion de 20 0/0 de la longueur de la section ; on y trouve 8 viaducs de 300 *m* de longueur totale représentant 3,2 0/0 du développement. Le coût de cette partie est de 230 000 *f* le kilomètre.

De Bergün au tunnel de l'Albula, la longueur est de 12,28 *km* ; la partie la plus difficile se trouve entre Bergün et Preda qui est à l'entrée nord du tunnel de l'Albula, à l'altitude de 1 792 *m*. Il a fallu gagner artificiellement un développement de 5 500 *m*. On y est arrivé au moyen de lacets et de tunnels hélicoïdaux dont quelques-uns superposés de la manière la plus extraordinaire. On a ainsi réalisé une longueur de plus de 12 *km*, alors que la distance à vol d'oiseau des deux extrémités n'est que de 6,5 *km*. Il y a sur cette section une proportion de 24 0/0 de tunnels. On y trouve cinq ponts de 22 à 40 *m* d'ouverture ; le coût de cette partie est de 230 000 *f* le kilomètre, comme pour les précédentes.

Le tunnel de l'Albula aura 5 866 *m* de longueur ; il est entre les stations de Preda et de Spinas ; du côté de la première, il est en rampe de 10 0/00 jusqu'au milieu, puis il redescend vers Spinas à raison de 2 0/00.

La hauteur est de 5 *m*, elle est supérieure de 0,30 *m* à celle des petits tunnels ; de même, la largeur est de 4,50 *m* au lieu de 4,30 *m* qu'on a donnée à ceux-ci. La plus grande partie du tunnel se trouve dans le granit compact extrêmement dur.

Le travail a été commencé à l'extrémité nord le 15 octobre 1898 et à l'extrémité sud le 1er novembre de la même année. On a trouvé beaucoup d'eau au commencement et, au nord, jusqu'à une distance de 1 200 *m*, mais un peu plus loin on a éprouvé d'autres difficultés de la part du terrain qui se ramollissait sous l'action de l'eau et obligeait à l'emploi de boisages très rapprochés. On emploie des perforatrices Brandt aux deux attaques et de la gélatine explosive. Les difficultés ont été nombreuses et, l'entreprise qui s'était chargée des travaux s'étant retirée, la Compagnie a dû les reprendre. On évalue le coût du

tunnel à 5,7 millions de francs, ce qui fait environ 970 *f* le mètre courant. La dépense totale de la ligne est évaluée à 15,7 millions en nombre rond sans le grand tunnel, soit environ 250 000 *f* par kilomètre ou 22 millions, et 350 000 *f* par kilomètre y compris le tunnel.

La ligne de Reichenau à Ilanz ne présente pas de difficultés de tracé ; elle suit la vallée du Rhin antérieur et traverse plusieurs fois celui-ci par des ouvrages métalliques au nombre de trois, dont un de 55 *m* de portée et les deux autres de 60 *m*. Il y a quelques remblais et des murs de soutènement d'une certaine importance, sans compter plusieurs tunnels d'une longueur totale de 787 *m*. On trouve quatre stations intermédiaires. Le coût de cette ligne est devisé à 3 300 000 *f*, soit 175 000 *f* par kilomètre.

On compte ouvrir la ligne de Thusis à Saint-Moritz au printemps de 1903. Ce chemin de fer sera particulièrement bien accueilli par les touristes et les baigneurs que les postes fédérales transportent entre ces deux localités en 10 et 11 heures, et qui peuvent espérer faire prochainement le trajet en 2 h. 1/2 à 3 heures.

Nous croyons intéressant de donner ici les renseignements les plus récents sur l'avancement du tunnel de l'Albula. Au 31 décembre 1901, la longueur de la galerie d'avancement atteignait 2 027 *m* à la partie nord et 2 098 *m* à la partie sud, total 4 125 *m* ou 70,3 0/0 de la longueur totale qui est de 5 866 *m*. L'avancement pendant le mois de décembre avait été de 185 *m* au nord et 146 *m* au sud, total 331 *m*. On travaillait dans le granit aux deux fronts d'attaque. Dans ces conditions, on peut espérer voir le percement de la galerie achevé vers le milieu de juin 1902. La longueur du tunnel terminé est de 1 350 *m* au nord et de 930 *m* au sud, total 2 280 *m* ou bien près de 40 0/0 de la longueur.

Le nombre d'ouvriers employés, tant au dehors que dans le tunnel, était de 622 au nord et 243 au sud, total 895.

Chemins de fer au Brésil. — Notre Collègue, M. A. da Costa Couto, appelle notre attention sur une intéressante décision prise tout récemment par le Ministre de l'Industrie, des Voies et Travaux publics du Brésil, relativement au délai des garanties d'intérêt accordées par le Gouvernement aux Compagnies de chemins de fer et parues dans le *Diario Official* du 23 novembre 1901. Nous reproduisons cette décision, dans laquelle se trouve une formule offrant beaucoup d'analogie avec certaines recherches mathématiques, telles que la détermination des centres de gravité.

« Le Ministre de l'Industrie, des Voies et Travaux publics, au nom du Président de la République,

» Considérant que la garantie d'intérêt est accordée aux Compagnies de chemins de fer sur un capital déterminé, dans un délai également déterminé, tandis que les paiements de la garantie précitée s'effectuent jusqu'à ce que le capital définitif soit atteint, sur des fractions du temps total, de sorte que, pour compléter entièrement la promesse d'un intérêt donné en un certain temps, il faut, d'un côté, fixer l'époque initiale correspondant à l'intérêt total et, de l'autre, l'époque finale de la garantie ;

» Considérant que la promesse faite consiste en intérêts établis à un certain taux pendant un certain temps, ce qui correspond, par conséquent, à des sommes en fonction du temps ou, en d'autres termes, est le résultat du produit du temps par les sommes ou fonds, et que l'on peut ainsi représenter la garantie totale par un rectangle dont un des côtés est le temps ou le nombre des semestres promis, et l'autre est l'intérêt correspondant au total du capital dans un semestre;

» Et que pareillement, la période de temps pendant laquelle les intérêts sont perçus par fraction de la garantie totale, également par semestres, peut être réduite à un rectangle dont un des côtés est l'intérêt semestriel du capital total et l'autre une fraction du temps total qu'il s'agit de déterminer;

» Arrête :

» Pour déterminer la fraction du délai écoulée à une époque donnée, la formule suivante doit être employée :

$$X = \frac{qt + q't' + q''t'' + \ldots.}{Q},$$

Q étant la somme totale promise en garantie pour un semestre dans le délai T total, qt, $q't'$ $q''t''$.... les produits des intérêts semestriels échu par le nombre des semestres correspondants, et X la fraction échue du délai de la garantie sur le capital total, à déduire du délai total T, de la garantie accordée. »

Il était utile de faire ressortir cette décision tant à cause du procédé dont s'est servi M. le Ministre A. Maia (qui est un ingénieur) que parce que beaucoup de capitaux étrangers se trouvent engagés dans les entreprises de chemins de fer au Brésil.

Une explosion de chaudière. — Les explosions de chaudières ne sont pas, comme on sait, des faits bien rares aux États-Unis, néanmoins celle dont nous allons nous occuper a produit une émotion inaccoutumée et elle est particulièrement intéressante, moins par elle-même que par l'occasion qu'elle a donnée aux journaux techniques de réagir contre des appréciations erronées, accréditées grâce à l'ignorance du public et à l'incompétence de la presse quotidienne. Voici les faits.

Une explosion désastreuse s'est produite le 28 août dernier sur le vapeur *City of Trenton* appartenant à la Wilmington Steamboat Company, et naviguant sur la Delaware entre Philadelphie et Trenton. 17 cadavres ont été retrouvés, 11 personnes manquent et on suppose qu'elles sont mortes, enfin 25 ont été blessées. D'après les journaux, la rupture du tuyau de prise de vapeur de la chaudière de bâbord aurait amené l'explosion de cette chaudière qui a été projetée hors du bateau. Elle est actuellement au fond de la rivière par 10 *m* de profondeur et à une quinzaine de mètres de la position qu'occupait le bateau au moment de l'explosion. Après celle-ci, le navire a pris feu, mais on a pu le conduire au bord et l'échouer dans une faible profondeur d'eau.

On dit que la chaudière était presque neuve, elle était du type locomotive, de 6,15 *m* de longueur et 1,70 *m* de diamètre, et avait été construite suivant les prescriptions des inspecteurs du gouvernement. Les

tôles de l'enveloppe avaient 15 *mm* d'épaisseur et le métal avait une résistance à la rupture de 42 *kg* et une réduction de section par allongement de 54 0/0.

Les soupapes de sûreté étaient chargées à 11,5 *kg* par centimètre carré; la chaudière avait été éprouvée à la presse hydraulique à 18,5 et était autorisée pour marcher à 12,5 *kg*. Le chef mécanicien a déclaré qu'au moment de l'explosion, la pression était de 10,6.

La chaudière étant encore au fond de la rivière, on ne peut faire que des conjectures sur la cause de l'accident. L'enquête y relative doit être faite par les inspecteurs du gouvernement.

Quelques jours après, l'*Engineering News* donnait sur l'événement des appréciations qu'il nous parait intéressant de reproduire en substance.

En cherchant à expliquer la récente explosion survenue sur un bateau de la Delaware, la presse quotidienne n'a pas manqué de l'attribuer à une lutte de vitesse entre deux vapeurs et les journaux de Philadelphie ont rempli leurs colonnes de témoignages de gens qui avaient vu ou avaient cru voir le bateau chercher à dépasser un concurrent et de théories relatives au danger que présentent les luttes de vitesse pour la sécurité publique. L'émotion n'est pas restée circonscrite à la capitale de la Pensylvanie et des journaux de New-York ont présenté la catastrophe du *City of Trenton* comme un avertissement terrible donné aux Compagnies de bateaux à vapeur pour empêcher les unes d'être tentées de se livrer à cette imprudente pratique et les autres de la continuer au cas où elles s'y seraient laissé aller.

Il semble y avoir dans tout cela une forte dose d'ignorance; les intentions des rédacteurs sont excellentes évidemment, et on ne peut qu'approuver leur désir de combattre des pratiques dangereuses, mais il y a assez dans le monde de périls réels sans qu'on dépense son encre contre des dangers absolument imaginaires.

L'idée trés accréditée encore que la plupart des explosions de chaudières de bateaux de rivières sont dues à ce que la pression a été forcée pour lutter de vitesse avec un concurrent remonte aux beaux jours de la navigation du Mississipi.

Tout le monde connait l'histoire des capitaines qui, pour gagner quelques tours de roues, faisaient asseoir un nègre sur le levier de la soupape de sûreté et jeter dans les foyers des barils de résine ou de goudron, voire même, dit-on, au besoin des cochons vivants. Il n'est pas étonnant qu'avec ces pratiques les chaudières sautent, le contraire serait même extraordinaire si les lois de la physique sont vraies.

Des faits de ce genre se succédant ont habitué le public à attribuer les explosions aux luttes de vitesse et cette idée subsiste. Beaucoup de personnes, et même des ingénieurs, éprouveront donc quelque surprise en apprenant que, au moins en ce qui concerne les chaudières, une lutte de vitesse entre deux bateaux, sur mer ou sur rivière, ne présente aujourd'hui aucun danger particulièrement sérieux.

Les bateaux de l'Ouest, sur lesquels les faits que nous venons d'indiquer se produisaient, avaient une construction toute spéciale. La nécessité de leur donner un faible tirant d'eau pour passer partout faisaient de la légèreté de toutes les parties une question prédominante. Les

chaudières avaient des tôles de l'épaisseur minima compatible avec les règlements, les machines fonctionnaient sans condensation et déchargeaient la vapeur dans l'atmosphère; les pressions étaient élevées pour l'époque, mais inférieures cependant à celles qui sont actuellement en usage dans les chaudières marines. On conçoit qu'avec ces machines, en surchargeant les soupapes de la manière pittoresque indiquée ci-dessus, en employant des matières très combustibles et en forçant le tirage par une forte injection de vapeur dans les cheminées, on pouvait obtenir un certain accroissement de vitesse, mais le cas n'est plus le même avec les machines d'aujourd'hui.

Prenons, par exemple, le bateau dont l'explosion fait le sujet de cette note, le *City of Trenton*. On a vu que les soupapes étaient chargées à 11,5 *kg*. Les machines étaient à triple expansion et à condensation. Si on admet que les soupapes aient pu être surchargées pour faire monter la pression, même à 14 *kg*, il est bien douteux qu'on puisse obtenir par là une augmentation appréciable de vitesse.

Il ne faut pas croire que, dans une machine de ce genre, l'accroissement de la puissance développée soit proportionnel à l'accroissement de la pression initiale. La différence d'énergie utilisable possédée par de la vapeur à 11,5 *kg* et de la vapeur à 14 *kg* n'est pas bien considérable; cette différence décroît à mesure que les pressions augmentent. Entre les pressions de 1,5 à 2,5 *kg* anciennement et celles de 10 à 11 *kg*, l'avantage était important, mais au delà de ces dernières, il diminue considérablement.

De plus, la pression n'est qu'un des éléments de la puissance, un autre bien plus important est la quantité de vapeur fournie par la chaudière dans l'unité de temps, c'est l'accroissement de celle-ci qui peut influer sur la vitesse du bateau, mais dans quelles limites, cela dépend absolument des conditions d'établissement.

La quantité de vapeur produite dépend dans une certaine mesure de la quantité de combustible brûlé sur la grille et celle-ci dépend du tirage. Comme on l'a vu plus haut, avec les anciennes machines des bateaux du Mississipi, on pouvait, en cas d'urgence, lancer la vapeur sortant des cylindres dans les cheminées, on n'a pas cette ressource avec les machines à condensation. Tout ce que peuvent faire les chauffeurs pour forcer la production de la vapeur est très peu de chose par rapport à ce qu'ils font en service courant. On peut admettre que les vapeurs à voyageurs soit sur mer, soit sur rivière, travaillent toujours très près de leur maximum de puissance. Les paquebots transatlantiques, par exemple, sont toujours dans les conditions d'une lutte de vitesse. Si cette allure est dangereuse en temps de brumes, on ne saurait prétendre qu'elle offre le plus léger péril en ce qui concerne les chaudières.

Enfin, comme on sait, l'augmentation de la vitesse est loin d'être proportionnelle à celle de la puissance, de sorte qu'il faudrait accroître considérablement la pression ou plutôt la production de vapeur pour obtenir une augmentation appréciable de la vitesse du bateau.

Tous les mécaniciens savent cela; s'il s'en trouvait par hasard d'assez ignorants ou assez criminels pour jouer avec leurs propres vies et celles des passagers qui leur sont confiés, le plus souvent leur tentative serait

d'avance vouée à l'insuccès, car presque tous les bateaux américains ont sur leurs chaudières au moins une des soupapes disposées de manière à ne pouvoir être ni calée ni surchargée.

Il est fort possible, très probable même, dit sous forme de conclusion le journal américain, qu'au moment de l'explosion, le *City of Trenton* fonctionnait à son maximum de puissance et de vitesse, mais cela n'a rien à voir avec l'accident, et le mieux est d'attendre le résultat de l'enquête sur les causes de la catastrophe sans aller invoquer des raisons purement imaginaires basées sur des théories fantastiques.

Les faits ont montré que cette manière de voir était la bonne, car, quelques semaines plus tard, le rapport du jury du coroner, présidé par M. Samuel Vauclain, directeur général de la fabrique de locomotives Baldwin, établissait que la cause de l'explosion était due à la surchauffe des tôles de ciel du foyer, ce rapport constatant que la disposition de la chaudière et les matières employées étaient conformes aux règlements approuvés par le Secrétaire du Trésor en 1901, mais il déclarait désapprouver la manière dont l'autel était disposé dans le foyer surtout dans le cas du tirage forcé ainsi que la position du bouchon fusible. Il terminait en déclarant qu'il n'était possible d'incriminer personne au point de vue de la construction ou de la conduite des chaudières du *City of Trenton*.

Nous devons dire que ce verdict ne paraît pas avoir satisfait l'opinion du public compétent. D'après le *Marine Review*, un examen, fait dans des vues purement scientifiques, de la chaudière retirée de la Delaware, aurait indiqué que l'explosion était entièrement due à la négligence, c'est-à-dire au manque d'eau. La couleur bleue des tôles du ciel du foyer montre avec la plus grande précision la température élevée qu'avaient ces tôles lorsqu'elles ont été brusquement refroidies par l'immersion de la chaudière dans la rivière, c'est la couleur d'un burin trempé par un forgeron. Une autre preuve du manque d'eau est que la soupape d'alimentation de la chaudière de bâbord, restée intacte dans le bateau, était fermée, alors que celle de la chaudière qui a fait explosion était ouverte en grand, ce qui prouve que le machiniste a voulu reporter toute l'alimentation sur cette dernière pour faire rapidement remonter le niveau qui était trop bas. L'enveloppe extérieure de la chaudière était intacte, les tubes en bon état, ainsi que les parois latérales du foyer, seulement la tôle du ciel était renfoncée dans le foyer et arrachée du bord de la plaque tubulaire. Ces constatations sont dues à MM. C. Castar, expert en chaudières bien connu, et Robert H. Rogers, ancien chef de traction de la division de Pittsburg du Baltimore and Ohio R. R., actuellement membre de la Commission d'examen des accidents de chaudières de cette Compagnie.

Moteurs à alcool. — Le journal *Der Motorwagen* rapporte de récentes expériences faites sur un moteur de 4 *ch*, pour automobile, construit par M. Kämper, à Berlin, et employant alternativement de l'essence et de l'alcool.

Ce moteur fonctionne à quatre temps, avec allumage électrique, et fait normalement 1 000 tours par minute ; le cylindre a 96 *mm* de dia-

mètre et 100 de course. Il pèse, avec son enveloppe en aluminium, 64 *kg*.

Le tableau ci-dessous donne un résumé des résultats obtenus avec les deux liquides.

Nature du liquide	ESSENCE			ALCOOL
Numéro des essais.	II	III	IV	II
Durée de l'essai . . . . minutes.	15	15	20	20
Nombre moyen de tours n	1 039,7	1 075,6	1 066,7	1 168,7
Travail en chevaux au frein N. . . .	44,5	4,44	4,20	4,55
Travail corrigé $N \frac{1000}{n}$	4,28	4,13	3,94	3,89
Consommation par cheval-heure. grammes.	359	362	382	691

De ces résultats, on peut tirer les conclusions suivantes : si on ramène le travail au frein obtenu à la vitesse normale de 1 000 tours par minute, en le multipliant par le facteur $\frac{1\,000}{n}$, on obtient des chiffres de puissance comparables, et on voit que la puissance moyenne obtenue avec l'alcool est de 3,925 *ch* contre 4,205 avec l'essence, soit une infériorité de 7 0/0 en nombre rond. Cette différence est assez faible pour qu'on puisse la négliger dans les circonstances ordinaires de la pratique. Mais il faut considérer les choses au point de vue de la dépense de chaleur. L'alcool a un pouvoir calorifique de 5 650 calories, l'essence de 11 000. Le moteur a dépensé en moyenne 3 861 calories par cheval-heure avec l'essence et 3 904 avec l'alcool, ce qui fait 1 0/0 de plus avec le second, différence encore insignifiante.

Voyons maintenant les dépenses de production de puissance. L'alcool à 90 0/0 en volume coûte en gros, à Berlin, 21 marks les 100 litres, ce qui fait 25,20 marks ou 0,315 *f* le kilogramme. L'essence pour moteurs coûte actuellement de 30 à 32 marks les 100 *kg*, soit 0,40 *f* le kilogramme pour le chiffre le plus haut.

Le coût du combustible par cheval-heure ressort donc pour l'essence à 14 centimes, et pour l'alcool à 21,8, soit un rapport de 1,55. Ce rapport diffère peu de celui de 1,5 qu'on donne généralement. Il semble donc que l'alcool ne peut que difficilement lutter, en Allemagne, avec l'essence pour la production de la force motrice.

Toutefois, ces chiffres peuvent être modifiés par un rapport différent entre les prix de l'essence et de l'alcool. Ainsi on cite un moteur ayant pris part à la course Paris-Roubaix, dépensant 330,5 *g* de benzine par cheval-heure contre 758,8 d'alcool, avec des dépenses de 32,5 centimes pour l'essence et de 45,5 pour l'alcool, rapport seulement 1,40. Le rapport des consommations en poids étant de 2,29, contre 1,97 dans les

expériences allemandes, c'est l'exagération relative du prix de l'essence, en France, qui modifie le rapport des dépenses en argent.

Nous trouvons les renseignements qui précèdent dans le *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.* Le même journal donne également, dans un numéro tout récent, un résumé d'une communication faite au groupe de Wurtemberg, par M. G. Meyer, sur les moteurs à alcool, où on trouve des chiffres comparatifs analogues. L'alcool à 90 0/0 coûte 25,60 *f* les 100 *l*, soit 30,85 *f* les 100 *kg*. 1 *kg* développe par sa combustion 6 000 calories.

D'autre part, 100 *kg* de pétrole coûtent 28,75 *f* et le kilogramme développe 10 000 calories. Le prix de 10 000 calories est donc de 28,75 *f* avec le pétrole et de 51,40 *f* avec l'alcool ; le rapport des deux prix est de 1 et 1,8.

Si les prix de la puissance obtenue étaient dans le même rapport, la question serait jugée de suite, mais l'expérience prouve qu'il n'en est pas ainsi. Le rapport est notablement inférieur, parce que l'eau contenue dans l'alcool et qui se transforme en vapeur dans la combustion, joue un rôle avantageux. Ainsi, des essais faits sur un moteur de 14 *ch* de la Fabrique de machines de Deutz, a montré qu'on pouvait ramener le rapport à 1,22, c'est-à-dire que la puissance développée avec l'alcool, ne coûterait que 22 0/0 de plus que la puissance développée avec le pétrole. Dans ces conditions, si on tient compte de certains inconvénients du pétrole, c'est-à-dire de la malpropreté et de la mauvaise odeur des gaz de l'échappement, inconvénients que ne présente pas l'alcool, il est possible que ce dernier trouve son emploi justifié dans certain cas et c'est pour cela que la fabrique citée plus haut, ainsi que d'autres ont entrepris la fabrication des moteurs à alcool. Nous devons ajouter que si la carburation de l'alcool améliore son rendement mécanique, c'est aux dépens des deux avantages indiqués plus haut, de la propreté et de l'absence d'odeur de l'échappement.

Utilisation des déchets de bois. — Nous avons eu occasion de parler (voir *Informations techniques* de mars 1900, 2e quinzaine) de la fabrication de briquettes de sciure de bois, organisée en Autriche.

Il paraît qu'on utilise en Suède les déchets de bois sous forme de briquettes de charbon.

L'*Engineer* donne un résumé d'un rapport de M. Gustaf von Heidenstam sur cette fabrication qui existe aux scieries de Skouvik.

Le bois doit être parfaitement sec. Comme les déchets de sciage ont toute sorte de forme, il est nécessaire ou tout au moins plus commode de les transformer en sciure. A cet effet, on les fait passer entre des rouleaux qui expriment en même temps une partie de l'humidité. La sciure est ensuite envoyée dans un séchoir chauffé en partie par la vapeur d'échappement de la machine de la scierie et en partie avec de la vapeur venant directement de la chaudière. Ce séchoir est situé à un étage supérieur de manière que la sciure sèche puisse tomber directement dans les presses à faire les briquettes. Celles-ci passent en file continue à l'appareil de carbonisation qui se trouve à côté. Celui-ci se compose d'un certain nombre de cylindres en tôle placés dans un fourneau et portant à

une extrémité des tuyaux pour le dégagement des produits volatils, et à l'autre un couvercle en fonte portant un cylindre de presse hydraulique.

La carbonisation s'opère comme suit :

La charge de briquettes correspondant à la capacité d'un cylindre est amenée par un treuil roulant au-dessus de l'ouverture du récipient ; on l'introduit et on met en place le couvercle et on le maintient par la presse hydraulique. On fait du feu dans le fourneau. Les produits de la distillation passent dans un serpentin refroidi extérieurement et vont se réunir dans une bâche d'où une pompe les élève dans des récipients où l'alcool et le goudron se séparent. Lorsque le bois est entièrement carbonisé, on enlève le couvercle et on vide le charbon dans un cylindre en tôle qu'un chariot emporte à une place où on le laisse refroidir. Le matériel de cette fabrication est construit dans les ateliers de J. et C. Bolinder, à Stockholm.

Le rapport entre dans des détails sur des essais faits sur ce procédé de fabrication.

La carbonisation de 1 000 *kg* de briquettes emploie 263 *kg* de bois. Chaque récipient ou cornue peut recevoir 2 000 *kg* de briquettes. En comptant 18 heures pour l'opération, avec 300 jours par an, on peut fabriquer par cornue et par an 800 tonnes de briquettes.

L'installation actuelle comporte 8 cornues, ce qui donne une production annuelle de 6 000 tonnes.

Cette production correspond à celle des sous-produits suivants :

	0/0	Tonnes.
Charbon de bois	33,40	2 005
Goudron	8,34	530
Acétate de chaux	5,00	300
Alcool méthylique et acétone	0,75	45

Ces produits représentent une valeur de 206 772 couronnes, ou environ 290 000 *f*. Si on ajoute aux dépenses un amortissement à raison de 10 0/0 sur un capital de 300 000 couronnes ou 420 000 *f*, on trouve que le profit net s'élève à 95 000 *f* en nombre rond, soit 22,5 0/0 du capital engagé. L'installation prise pour base comporte l'emploi par an de 9 000 tonnes de déchets de bois.

Une analyse des briquettes faite au laboratoire de l'École royale technique supérieure montre qu'elles se composent de charbon de bois pur possédant une grande solidité et une densité élevée. Un hectolitre contenant une proportion d'humidité de 9,4 0/0, pèse 36,3 *kg*, alors que le charbon ordinaire de sciure, à la même proportion d'humidité, ne pèse que 13,8 *kg*. Le goudron obtenu dans cette fabrication est léger et contient beaucoup de créosote et, comme il est de composition très uniforme, il convient aux applications antiseptiques. L'acétate de chaux est employé pour la production de l'acide acétique, quant à l'alcool méthylique, on l'utilise principalement pour la fabrication des couleurs d'aniline et pour celle de la formaline qui est un produit désinfectant très employé.

En somme, on peut invoquer en faveur du procédé qui vient d'être décrit les avantages suivants : 1° une manière simple d'utiliser les déchets de bois en les transformant préalablement en sciure ; 2° le coût, assez faible, d'ailleurs, de cette transformation est payé par l'économie réalisée dans le séchage et la manutention de la sciure, telles que ces opérations sont effectuées ; 3° la transformation de la sciure en briquettes permet une réduction considérable du volume des appareils de carbonisation, les briquettes pesant 1 000 *kg* au mètre cube, contre 235 pour la sciure ; 4° le charbon produit est compact et résistant ; 5° l'installation demande très peu de place comparativement à ce qu'il faudrait, si on carbonisait les déchets de bois sous la forme ou on les trouve, et il n'y a aucun danger d'incendie.

Procédé pour solidifier l'ammoniaque du commerce. — On sait que, pour faciliter le transport de l'alcool servant au chauffage, on a réussi à le solidifier en y dissolvant à chaud une petite quantité de stéarate de soude qui, après refroidissement, donne à l'alcool la consistance d'une gelée.

La fabrique de produits chimiques de Bettenhausen, Marquart et Schulz propose (D. R. P. n° 124976, date 21 août 1900) d'appliquer ce procédé à l'ammoniaque. Ce liquide prend la consistance solide en présence d'une proportion de 3 à 5 0/0 de stéarate de soude. Celui-ci doit être dissous à la température de 40° C. et la proportion de gaz ammoniac peut aller de 25 à 33 0/0.

Si au lieu de stéarate de soude, on emploie le stéarate de potasse ou d'autres stéarates alcalins, on peut également solidifier l'alcool, mais la proportion de gaz ammoniac n'est plus que de 10 à 20 0/0.

Voici comment on opère. On dissout à faible température et au bain-marie 3 à 5 parties de stéarate de soude dans 10 parties d'ammoniaque et la dissolution obtenue est versée dans 85 à 90 parties d'ammoniaque contenant 30 0/0 de gaz, chauffé à 40° C. ; on agite continuellement pendant l'opération. En peu de temps le mélange se prend et acquiert la consistance de la paraffine. Pour dissoudre le stéarate de soude, on peut employer, au lieu d'ammoniaque, de l'alcool à 80°.

La matière solide exposée à l'air perd la totalité du gaz ammoniaque qu'elle contient, laissant comme résidu le stéarate de soude qui a servi à la préparer. Elle abandonne le gaz d'autant plus rapidement que la température est plus élevée. Nous trouvons les renseignements qui précèdent dans l'*Industria*.

Chaleur développée par les lampes électriques à incandescence. — Le journal anglais *Lancet* présente d'intéressantes observations au sujet de l'opinion assez généralement répandue que les lampes électriques à incandescence développent peu de chaleur, ce qui fait qu'on ne se préoccupe guère du danger que présente leur voisinage des matières combustibles. Nous reproduisons le résumé de ces observations d'après le *Journal of the Franklin Iustitute*.

La lampe électrique à incandescence est un appareil qui convertit une forme de l'énergie en une autre forme. En fait, elle transforme de l'é-

lectricité en lumière et on ignore généralement que 6 0/0 seulement de l'énergie du courant sont convertis en lumière, le reste l'est en chaleur. Si la quantité de calorique émise par le filament de charbon n'est pas comparable à celle que donne la flamme d'un bec de gaz, elle est, toutefois, suffisante pour enflammer des matières combustibles placées en contact et le danger de voir des papiers, étoffes, objets en bois prendre feu au voisinage de lampes à incandescence est loin d'être imaginaire ; il est très réel.

On emploie souvent ces lampes dans les vitrines des magasins, autant comme objet de décoration que comme moyen d'éclairer les étalages, sans se préoccuper de les disposer de manière à éviter des accidents possibles. Pour faire apprécier le danger provenant du voisinage de ces lampes, le *Lancet* cite les faits suivants :

Nous avons trouvé par expérience qu'une lampe de 16 bougies, fonctionnant à une tension de 100 volts, immergée dans une demi-pinte (environ 3 *dl*) d'eau, amène cette eau à l'ébullition en une heure. Si on entoure une lampe de ce genre de coton, ce coton roussit et finit par s'enflammer. Dans une des expériences que nous avons faites, l'inflammation du coton a été accompagnée d'une détonation due à l'explosion de la lampe. On doit en conclure qu'une lampe à incandescence doit être considérée comme parfaitement susceptible de causer un incendie et qu'il est dangereux de placer un appareil de ce genre à proximité de matières essentiellement inflammables, telles que la plupart des marchandises qui figurent dans les étalages des magasins. Une lampe en contact avec des objets en celluloïde les enflamme en moins de cinq minutes, et ce danger est particulièrement à craindre dans les magasins de jouets où on voit fréquemment des lampes à incandescence suspendues au milieu de balles en celluloïde pour enfants.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

DÉCEMBRE 1901.

Rapport de M. Ed. SIMON sur **le métier mécanique pour ruban**, système A. BARBIER.

Nous nous bornerons à indiquer que ce métier est destiné au tissage du ruban nouveauté à plusieurs navettes, et que le savant rapporteur le considère comme présentant de sérieux avantages et susceptible d'apporter à l'industrie rubanière de nouveaux éléments de succès en diminuant le prix de revient des beaux articles nouveautés.

Rapport de M. E. SAUVAGE sur **un appareil à mesurer l'épaisseur des coussinets**, de M. A. JOLY.

Il s'agit des coussinets d'essieux de véhicules de chemins de fer. Avec cet appareil, le levage du véhicule n'est plus nécessaire, il suffit de démonter le dessous de boite, ce qui est très simple.

On connaît la distance verticale entre la portée de la boite sur le coussinet et sa face d'assemblage avec le dessous de boite; il suffit d'y ajouter la distance verticale x entre cette face d'assemblage et le dessous de la fusée pour avoir la cote $h + x = d + e$, d'où on déduit e connaissant d, le diamètre de la fusée. L'instrument s'applique sous la boite et un index est amené au contact de la génératrice inférieure de la fusée. Il pèse 1,5 *kg* et est facilement maniable.

Rapport de M. Ed. SAUVAGE sur **la frise en embrèvement et à languette bâtarde** de M. JOLY.

Les parois verticales des wagons couverts à marchandises sont formées de frises appuyées contre des montants, et ces frises doivent former un assemblage étanche pour que les marchandises transportées se trouvent à l'abri de l'eau. On emploie fréquemment les assemblages à recouvrement obtenus en coupant obliquement le bord des frises. Mais le retrait des bois peut faire ouvrir les joints et la pénétration de l'eau est à craindre sous l'action du vent qui lui fait remonter le plan incliné formé par la coupure de la frise.

Pour éviter cet inconvénient, M. Joly ajoute une petite languette à la coupe oblique de la frise, de sorte que deux languettes contiguës se touchent toujours par deux faces verticales même après retrait du bois; de plus, un léger biseau pratiqué sur la face extérieure de la frise permet le démontage des frises isolées, sans que la présence des montants s'oppose au déplacement de la frise. Cette disposition ingénieuse a été appliquée à des wagons des chemins de fer de l'État.

Rapport de M. de Luynes sur **l'ouvrage de M. V. Thomas** intitulé : **Guide pratique de teinture moderne.**

La convention du mètre et le Bureau international des poids et mesures, par M. Ch.-Ed. Guillaume *(suite).*

Cette partie s'occupe des recherches sur la dilatation des solides, question qui se relie étroitement à celle des étalons de mesure; il y est traité particulièrement de la dilatation des aciers au nickel dont quelques-uns jouissent, comme on sait, de propriétés singulières donnant lieu à des applications importantes aux appareils de mesure et même à l'industrie.

Ventilateurs et pompes centrifuges pour hautes pressions mus par turbines à vapeur ou par moteurs électriques, par M. Rateau.

L'auteur démontre qu'on peut aujourd'hui, grâce aux turbines à vapeur, produire des pressions de 5 à 6 *m* d'eau avec des ventilateurs centrifuges prenant l'air à la pression atmosphérique, ainsi que des hauteurs d'elévations de 200 à 300 *m* avec des pompes centrifuges, et cela avec une seule roue mobile, dans de bonnes conditions de rendement mécanique. Si on associe plusieurs roues en tension, il n'y a aucune difficulté à obtenir des pressions de 1,26, 2,5 et 4 *kg* par centimètre carré et des hauteurs d'eau de 500, 750, 1 000 *m*, etc.

Ces appareils n'auront pas, il est vrai, un rendement mécanique aussi élevé que les pompes à piston, mais la différence n'est pas aussi grande qu'on serait tenté de le croire, et cette infériorité est largement rachetée par des avantages importants, tels que moindre prix d'établissement, faible encombrement, moindres chances d'avaries, fondations très simples, surveillance réduite au minimum, etc.

Les alliages d'aluminium et de magnésium, par M. O. Boudouard.

La note étudie un certain nombre d'alliages d'aluminium et de magnésium, en se basant sur les propriétés physiques suivantes : structure cristalline, conductibilité, force électromotrice de dissolution et fusibilité.

Sur **les alliages de strontium avec le zinc et le cadmium,** par M. H. Gautier *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences).*

Action du sulfate de chaux sur les ciments, par M. L. Deval.

Des expériences effectuées sur divers ciments, il résulte que :

Les ciments de laboratoire, d'une composition analogue aux ciments de Portland ordinaires fixent, au bout de deux mois, plus de sulfate de chaux qu'il n'en faut à leur alumine pour se transformer en aluminate.

Les ciments qui se sont montrés capables de résister aux solutions salines n'ont pas, au bout de quatre mois, retenu assez de sulfate de chaux pour transformer la totalité de leur alumine en sulfo-aluminate.

Le ciment avec gaize n'en a fixé que 47 0/0, le ciment avec poussières lourdes 63 0/0 et le ciment anglais 80 0/0. Le ciment au fer est remarquable par son indifférence en présence du sulfate de chaux.

Production et maintien des basses températures. Note de M. d'Arsonval *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences)*.

Cette note indique quelques moyens qui peuvent rendre service, dans les laboratoires, pour obtenir facilement et sans l'emploi d'appareils spéciaux, des abaissements de température plus ou moins considérables et les précautions à employer pour se servir pratiquement dans ce but de l'air liquide qui permet d'obtenir des températures inférieures à —115°.

Notes de mécanique. — Nous citerons parmi ces notes la description des pompes Holly du service des eaux de Boston, du broyeur Chester et Wegerif, du moteur à vapeur froide (acide sulfureux) Behrend et Zimmermann, les essais faits en Allemagne sur les chemins de fer électriques à très grande vitesse, une note sur la construction des roues mobiles de turbines radiales et une sur l'unification du numérotage des fils textiles.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

2e trimestre de 1901 (fin).

Enquête expérimentale sur les longerons des ponts des chemins de fer néerlandais, par M. N. C. Kist, Ingénieur des chemins de fer des Pays-Bas.

Nous renverrons à ce sujet au résumé d'une étude du même auteur que nous avons donné sous le titre de *Étude expérimentale sur les ponts métalliques* dans les chroniques d'avril, mai et juin 1899, pages 626, 869 et 1048.

Note sur **les chemins de fer à une et deux files de rails,** comparés au point de vue de la circulation en courbe, par M. R. Philippe, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'auteur étudie les conditions de la circulation en courbe dans les chemins de fer ordinaires à deux files de rails et conclut que la vitesse est incompatible avec l'emploi de faibles rayons : on ne pourrait donc guère arriver à doter les villes et les régions montagneuses de lignes à circulation rapide. Les conditions sont bien différentes si on renonce aux deux files de rails pour n'en employer qu'une seule, mais il y a trois conditions essentielles à remplir ; il faut : 1° que le mode de suspension permette l'oscillation sans résistance, ce qui est réalisable par des dispositions judicieusement établies ; 2° que la mobilité de la voiture ne soit pas telle qu'elle soit sensible aux moindres erreurs de dressage de la voie ; 3° enfin que le passage d'une position d'équilibre à l'autre ne soit pas brusque au point d'être ressenti par le voyageur comme un

choc. Si ces trois conditions sont remplies, on circulera à toutes les vitesses dans toutes les courbes sans être plus incommodé qu'un cycliste qui, inconsciemment, se penche dans les virages et tourne en rond sur un vélodrome avec autant de facilité et de célérité que sur un alignement droit.

Il est vrai qu'il faut mettre en regard de ces avantages du monorail des inconvénients sérieux qui doivent faire conserver la vitesse dans des limites très inférieures à ce qu'indique la théorie.

L'application faite entre Barmen et Elberfeld donnera des indications très intéressantes sur la question au point de vue pratique.

Note sur **la détermination de la poussée dans les voûtes en maçonnerie,** par M. Auric, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'auteur s'est proposé d'établir une formule permettant de déterminer rapidement et sans longs calculs la valeur de la poussée dans les voûtes en maçonnerie. A cet effet il calcule le moment, par rapport au point de passage sur le joint de naissance, de la demi-voûte, y compris les tympans, la chaussée, les surcharges, etc. ; ce moment est égal au produit de la poussée par la distance verticale des points de passage sur les joints extrêmes et on en déduit facilement la valeur de la poussée.

Les calculs qui y sont développés permettent, en outre, de simplifier la question dans un grand nombre de cas et de donner à la voûte des dimensions aussi rationnelles que possible.

Le port de flottage de Prague-Smichov, par M. Hromas, Ingénieur impérial et royal, à Prague.

Ce port de flottage est destiné à garer, dans une position sûre, les radeaux de bois qui traversent la ville de Prague, sur la Moldau et dont le nombre est quelquefois énorme ; ainsi on a vu, en 1890, au moment de l'inondation, plus de 300 radeaux formant un volume de 50 à 60 000 m^3 de bois, amarrés en amont de la ville. Le port a été établi en amont, entre les faubourgs de Smichov et de Zlichov, dans une situation exceptionnellement favorable; il a 1 400 m de longueur et peut abriter de 130 à 170 radeaux, il est abrité par une digue de 1 065 m de longueur. La dépense a été d'environ 4 millions de francs.

Note sur **le revêtement en béton de ciment armé** de la patte d'oie du chenal d'accès au port d'Épinal, par MM. Barbet, Ingénieur en chef et Hausser, Sous-ingénieur des Ponts et Chaussées.

Un branchement du Canal de l'Est desservant le port d'Épinal, creusé dans un terrain marneux, avait éprouvé des détériorations considérables amenant des pertes d'eau sérieuses et pouvant compromettre la stabilité de plusieurs ponts situés dans le voisinage. Diverses tentatives de réparations avaient été faites sans succès. On eut l'idée d'employer un revêtement en béton de ciment armé pour la cuvette (plafond et talus). Ce revêtement est formé d'une dalle de 0,12 m d'épaisseur enrobant une armature en fers ronds de 7 à 10 mm de diamètre. Le béton est composé de 250 kg de ciment, 0,450 m^3 de sable et 0,800 m^3 de gravier fin. La portion du canal à réparer a été mise à sec au moyen d'un batardeau,

on a rempli les dépressions avec des galets et du gravier et on a placé, sur la surface prête à recevoir la dalle des rails de 15 *kg* par mètre, distants de 0,50 *m* les uns des autres pour mieux répartir la pression. La dalle a été posée dessus.

Les travaux ont duré 45 jours, la dépense s'est élevée à 68 000 *f* pour une surface de 5 230 m^2, ce qui fait 13 *f* par mètre superficiel. Si on ajoute les terrassements, le batardeau, etc., le coût total s'est élevé à 83 000 *f*. La réparation a bien réussi et, s'il y a encore quelques pertes d'eau, ces pertes proviennent de la perméabilité d'autres parties non bétonnées.

Bulletin des accidents d'appareils à vapeur survenus pendant l'année 1899. Cette note a déjà paru dans les *Annales des Mines* et nous en avons rendu compte dans le Bulletin d'avril 1901, page 637.

Longueur des routes nationales par département au 1er janvier 1901.

Construction d'un mur de quai dans la baie de l'Agha, par M. Gauckler, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Ce mur de quai, destiné a retenir des remblais provenant du dérasement d'une partie des fortifications d'Alger, devait être établi dans un délai très court et dans une vase molle reposant sur un rocher très irrégulier. On a employé un procédé simple consistant à exécuter une plate-forme en enrochements reposant directement sur le fond naturel et à y poser des blocs artificiels de 15,3 *m* environ formant le mur.

Les choses ont bien été tant que l'épaisseur de la vase était faible, mais là où cette épaisseur était plus forte, on a éprouvé des difficultés; il a fallu faire subir au massif en enrochements avant la pose des blocs une préparation consistant en une compression opérée au moyen d'un bloc-pilon et environ quadruple de la charge exercée par la construction elle-même. Avec cette précaution et sauf quelques accidents, on a pu conduire le travail à bonne fin.

ANNALES DES MINES

8me livraison de 1901.

Revue de la construction des machines en l'an 1900, par M. Ed. Sauvage, Ingénieur en chef des Mines, professeur à l'École nationale supérieure des Mines *(suite et fin).*

Cette suite de la revue de M. Sauvage est consacrée à l'examen des progrès réalisés dans les machines à vapeur : distribution, régularisation, étude des types principaux, savoir : grands moteurs, machines à grande vitesse, locomobiles et demi-fixes, machines marines, machines rotatives et turbines.

Note sur **certaines causes spéciales de fatigue des câbles d'extraction,** par M. E. Glasser, Ingénieur des Mines.

Un accident survenu à la suite de la rupture en service d'un câble d'extraction a permis de constater que ce câble présentait dans une partie non soumise à des causes apparentes de fatigue spéciale, une usure incomparablement plus prononcée que dans ses autres points, si bien que les essais effectués régulièrement sur des bouts coupés à la patte eussent pu donner à son sujet une fausse sécurité.

Une étude très minutieuse des conditions de travail du câble amena l'auteur à attribuer la rupture à un choc ou à une série de chocs amenés par une manœuvre brusque de la machine. Au cours de la nuit où il s'est rompu, le câble a descendu à grande vitesse une série de lourdes cordées sans remonter de contre-poids; il a donc pu être soumis à un ou plusieurs chocs capables chacun de le rompre, ce qui a sans doute provoqué, en l'un de ses points, une désorganisation telle que, descendant ensuite, avec une vitesse probablement moindre et une attention plus soutenue du mécanicien, une cordée moins chargée, le câble n'a plus pu résister à cette charge relativement plus faible et aux à-coups sans doute moins violents qu'à comportés sa descente dans le puits. La note cite plusieurs cas à rapprocher de celui qui fait son objet. Elle conclut que cette question, surtout si on considère que l'accident s'est produit dans une extraction à la profondeur de 700 *m*, doit s'imposer à l'attention des Ingénieurs d'une façon d'autant plus sérieuse que l'extraction à grande profondeur est destinée à se développer de plus en plus.

SOCIÉTE DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 1. — *4 janvier 1902.*

Le paquebot-poste *Neckar*.

Le chemin de fer de montagne de Barmen, par Daubner.

Nouvelles mesures des radiations, par C. Schaefer.

Nouvelles machines-outils, par F. Bock.

Lois des allongements élastiques, par C. Bach.

Groupe de Dresde. — Installations centrales de chauffage.

Groupe de la Lenne. — Élevations d'eau actionnées électriquement.

Revue. — Traction électrique sur les lignes souterraines, à Londres. — Chemin de fer électrique Paris-Versailles. — Les paquebots-poste *Lorraine et Savoie*. — Étuves de fonderie. — Activité des stations d'essais techniques en Allemagne. — Travaux d'amélioration du Canal de Suez.

N° 2. — *11 janvier 1902.*

Diagramme du fonctionnement d'un marteau-pilon, par G. Lindner.

Concours pour le projet d'un pont-route sur le Neckar, près de Mannheim, par C. Bernhard *(suite)*.

Exposition internationale de moyens de secours contre l'incendie, à Berlin en 1901, par Kaemmerer et Meyer *(suite)*.

Les écoles de construction de machines en Prusse.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — État actuel des sciences météorologiques.

Groupe de Francfort. — Système Zimmermann, pour l'augmentation du rendement thermique des moteurs à vapeur (machine à vapeur auxiliaire à acide sulfureux).

Bibliographie. — Manuel d'électrotechnique, par F. Niethammer et G. Schulz. — Communications présentées au Congrès international des méthodes d'essai des matériaux de construction.

Revue. — Les plus grandes vitesses réalisées sur les chemins de fer exploités par la vapeur. — Clapet automatique de sûreté. — Grue tournante pour chantiers.

N° 3. — *18 janvier 1902.*

Une explosion de chaudière instructive, par C. Bach.

Aperçu sur le calcul des moteurs à gaz, par R. Barkow.

Machine à mortaiser avec commande de l'outil par une vis, par A. Klehe.

Exposition universelle de 1900. — Fermetures de culasses de canons, par J. Castner.

Nouvelles expériences anglaises et américaines sur les moteurs à gaz.

Groupe de Hambourg. — Fermeture automatique de la soupape de prise de vapeur en cas de rupture du tuyautage.

Groupe de Mannheim. — Tramways électriques de Mannheim.

Revue. — Appareils pour l'épuration des gaz de hauts-fourneaux. — Concours de moteurs à alcool à Paris. — Activité des écoles techniques supérieures en Allemagne dans le semestre d'hiver 1901-1902. — Vitesses des navires rapides de guerre et de commerce.

N° 4. — *25 janvier 1902.*

La fabrique de ciment de Rudelsburg.

Exposition universelle de 1900. — La technique des courants à haute tension, par R. M. Friese *(suite)*.

Machine de Schurmann pour la préparation mécanique des filaments des lampes à incandescence par E. Müller.

Recherches sur l'absorption de la chaleur par les parois des cylindres des moteurs à gaz, par E. Körting.

Groupe de la Haute-Silésie. — Influence des travaux souterrains des mines sur la surface du sol.

Groupe de Würtemberg. — L'industrie allemande et l'assurance ouvrière. — Expériences sur un moteur à alcool.

Bibliographie. — Les machines frigorifiques, par R. Stetefeld. — Leçons de mécanique appliquée, par A. Föppl.

Revue. — Nouvelles installations de force et de lumière à Hambourg-Kuhwärder. — Hauts fourneaux de la Société Américaine des forges et aciéries de Jones et Laughlin, à Pittsburgh. — Concours pour un projet de traction électrique sur le canal de Teltow. — La lampe Nernst.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

IVe SECTION

Analyses des matières grasses, par M. HALPHEN (Georges), Chimiste en chef au Ministère du Commerce, Expert près le Tribunal de la Seine. Petit in-8° avec 5 figures (Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire) (1).

Parmi les services multiples qui existent à l'Institut Pasteur, il en est un consacré à l'analyse chimique et à la chimie appliquée. M. Trillat, qui le dirige avec une grande autorité, demande chaque année à un certain nombre de spécialistes de traiter quelques-unes des questions à l'étude desquelles ils se sont particulièrement consacrés.

C'est ainsi que M. G. Halphen a été chargé de faire connaître aux élèves de l'Institut Pasteur les différentes méthodes d'analyse des corps gras. L'exposé, qu'il a présenté d'une façon personnelle, méritait de passer dans le public; c'est ce qui a lieu, grâce au récent volume de l'Encyclopédie Léauté.

On y trouvera la description, faite d'une façon pratique, des procédés qui s'appliquent aux essais des corps gras : procédés chimiques et physiques qui sont, comme on sait, très variés. En outre, de nombreuses tables contiennent les constantes, qui se rapportent à ces divers procédés.

Ce livre constitue donc un utile vade-mecum pour l'analyse des corps gras.

P. JANNETTAZ.

Sécurité des ouvriers dans le travail, par J. JOLY. — Imprimerie Chaix.

En publiant cette petite brochure, l'auteur a voulu donner aux contremaîtres, aux chefs d'atelier ou de chantier, des indications simples et claires, leur permettant de prendre eux-mêmes toutes les précautions devant assurer la sécurité des hommes qu'ils dirigent. Il a voulu leur permettre aussi de signaler à leurs ouvriers les périls auxquels ceux-ci sont exposés et leur enseigner les moyens de les écarter.

Amené pour son usage personnel à rédiger ce mémoire, M. Joly a voulu faire bénéficier de son expérience et de ses recherches ceux qui sont exposés aux dangers qu'entraîne le travail industriel.

Il a mis à contribution, dans cet intéressant opuscule, non seulement ses observations personnelles, mais aussi les travaux des Associations préventives contre les accidents du travail.

L'ouvrage n'entre pas dans la description des appareils protecteurs,

(1) In-8° 190 × 120 de 176 pages. Paris, Gauthier-Villars, Masson et Cie, 1901. Prix : broché, 2 fr. 50.

des dispositifs de sécurité. Son cadre limité ne le permettait pas. Il formule des règles concises, des conseils substantiels, qui pourraient presque constituer des articles réglementaires. Dans son laconisme voulu, sa brièveté claire et précise, il peut rendre de réels services à tous ceux qu'intéresse le problème de la prévention des accidents du travail.

S. Périssé.

Traité de Chimie industrielle, par MM. Wagner, Fischer et L. Gautier, quatrième édition française, entièrement refondue, publiée d'après la quinzième édition allemande. — Tome Ier : *Combustibles et Chauffage, Matières éclairantes et Éclairage, Métallurgie chimique, Produits chimiques inorganiques* (1).

Le traité de MM. Wagner et Fischer a, en Allemagne, un succès considérable : il y a atteint sa quinzième édition. Ce succès est bien légitime, car c'est un ouvrage d'une grande valeur et qui, au point de vue allemand, peut être regardé comme un modèle pour les traités destinés à devenir classiques. A notre point de vue, il y a cependant une critique à lui faire; c'est que les travaux, réalisés en dehors du pays des auteurs, en France en particulier, ne semblent pas être tous suffisamment connus de ceux-ci. C'est là, d'ailleurs, un fait que l'on retrouve dans beaucoup d'ouvrages étrangers, qui sont cependant, comme celui-ci, justement appréciés.

M. L. Gautier, qui s'est fait une spécialité de la traduction des ouvrages techniques allemands en français, le sait bien; pour y remédier, il a pris l'habitude d'intercaler de nombreuses additions dans les ouvrages qu'il traduit.

Dans celui dont il est ici question, les additions ont été, dès les premières éditions, si nombreuses, que M. L. Gautier a ajouté son nom à celui des auteurs allemands. Il en est résulté que le succès de l'ouvrage, en France, a suivi de près celui qui se produisait en Allemagne : en effet, la troisième édition française était faite d'après la treizième édition allemande, la quatrième édition française vient de paraitre, d'après la quinzième édition allemande.

A vrai dire, ce n'est pas seulement une nouvelle édition; les auteurs n'ont pas voulu uniquement compléter un ancien traité par des additions nouvelles; ils l'ont en beaucoup de points complètement remanié; ils ont eu — on peut dire le courage — de supprimer un nombre considérable de pages et de dessins, relatifs à des appareils ou à des procédés devenus aujourd'hui sans importance industrielle.

Les dessins nouveaux sont de plus en plus soignés et complets; un certain nombre portent des cotes. Dans le texte également, l'importance des données pratiques n'a pas cessé d'augmenter et l'on trouve, pour un assez grand nombre de traitements chimiques ou métallurgiques, des prix d'installation et des prix de revient.

En dehors du côté industriel, la science conserve, dans cet ouvrage,

(1) Un vol. in-8° de 250 × 165 de VII-941 pages avec 604 gravures. Paris, Masson et Cie, éditeurs, 1901. — Les deux volumes brochés, 30 *f.*

la place qu'elle doit avoir; les réactions chimiques sont nettement expliquées, formulées par de nombreuses équations et accompagnées de données thermochimiques.

Le premier volume comprend quatre chapitres :

Le chapitre premier est divisé en deux parties : l'une s'occupe des divers combustibles végétaux et minéraux ; l'autre, relative aux appareils de chauffage, est un résumé très clair des questions suivantes : grilles, cheminées, chaudières, gazogènes. Ces renseignements serviront particulièrement aux chimistes n'ayant pas étudié spécialement ces questions, réservées en général aux traités de Physique industrielle; ils seront utiles aussi à ceux qui, ayant fait jadis des études techniques complètes, veulent connaître les modifications qui se sont produites dans les appareils en question, et notamment dans les gazogènes.

Le chapitre II est, suivant le même principe que le précédent, divisé en deux parties : l'une s'occupant des matières éclairantes et l'autre des modes d'éclairage; l'acétylène et l'incandescence y marquent les progrès récents.

Le chapitre III se rapporte à la Métallurgie chimique; il comprend l'extraction, de leurs minerais, de tous les métaux — aujourd'hui plus ou moins usuels (vingt-quatre métaux) — par les multiples procédés de voie sèche et de voie humide, que fournissent la Chimie et l'Électricité. En outre, à propos de la Sidérurgie, on trouve un exposé des travaux micrographiques, qui ont ouvert une ère nouvelle à l'étude du fer et de l'acier. A la suite de l'aluminium est exposé le si original procédé de réduction de Goldschmidt. C'est, comme on voit, un champ extrêmement étendu; les auteurs ont trouvé le moyen de le parcourir en moins de trois cents pages.

Le chapitre IV est beaucoup plus vaste encore; il est relatif aux matières premières et produits inorganiques de l'Industrie chimique : Eau et glace, Soufre et composés, Ammoniaque et sels ammoniacaux, Chlorure de sodium, Sels de potasse, Soude, Acide chlorhydrique, Chlore, chlorures, chlorates, Brome et Iode, Acide azotique et sels, Explosifs, Phosphore et allumettes, Phosphates et engrais artificiels, Acide borique, Combinaisons d'aluminium, Outremer, Combinaisons d'antimoine, d'étain et d'arsenic, d'or, d'argent et de mercure, de cuivre, de zinc et de cadmium, de plomb, de chrome, de manganèse et de fer, Oxydes de thorium et de baryum, Carborundum, Carbures de calcium, Acide carbonique, Oxygène. Cette énumération montre, par elle seule, combien de matières différentes sont passées en revue; les progrès récents y sont exposés d'après des données que les auteurs n'ont pu recueillir, parfois, sans doute, qu'avec de grandes difficultés; parmi ces progrès, citons la fabrication de l'acide sulfurique sans chambres de plomb par les procédés de contact; la préparation des peroxydes alcalins ; la fabrication électrolytique du chlore, des alcalis, des chlorates, des perchlorates et des persulfates alcalins, ainsi que celle du phosphore.

Ce premier volume ne peut que faire souhaiter à tous ceux qui s'intéressent à la Chimie industrielle, la publication prochaine de la deuxième partie de cette œuvre importante.

P. Jannettaz.

V[e] SECTION

L'électricité à la portée de tout le monde, par Georges CLAUDE (1).

Comme l'indique son titre, ce livre n'a aucune prétention scientifique. Il a été écrit dans le but d'initier le public aux choses de l'électricité, sans calculs, sans théories rébarbatives, bref, avec le minimum d'effort. Est-il besoin de dire que, pour ce faire, il recourt systématiquement à la comparaison entre les phénomènes électriques et les phénomènes hydrauliques, comparaison que notre savant professeur M. A. Cornu a si clairement exposée, il y a quelques années, dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* ? Le côté vraiment original du livre de M. G. Claude, c'est qu'il poursuit cette méthode très loin, trop loin même, pourrait-on penser, si des études ultérieures ne devaient corriger ce qu'ont parfois de hasardé ces procédés de démonstration simplistes. Je citerai, par exemple, la représentation hydraulique de la capacité, avec intervention d'un diaphragme élastique qui joue le rôle de diélectrique, et les conséquences qui en sont déduites pour les courants alternatifs.

L'ingéniosité des comparaisons plaide en leur faveur auprès des esprits rigoureux qui redoutent les dangers de l'à-peu-près; la rondeur du style fait le reste. D'ailleurs, le gros succès de cet ouvrage, qui en est aujourd'hui à son douzième mille, prouve qu'il répond à un besoin réel, et qu'il était attendu de tous les praticiens désireux de s'assimiler rapidement les phénomènes électriques.

R. SOREAU.

Prescriptions relatives aux installations électriques à courant fort, traduction de M. STADLER (2).

L'Association des Électriciens Allemands publie trois petites brochures, format de poche, où se trouvent résumées (traduction en français), avec une précision et une concision dignes d'éloges, les prescriptions de sécurité relatives aux diverses tensions.

1° Basse	tension.	(au-dessous de 250 volts)
2° Moyenne	—	de 250 à 1 000 —
3° Haute	—	(au-dessus de 1 000 —

On y trouve une table pour la section des fils, câbles, plombs fusibles, etc.

Ces trois brochures sont déposées à la bibliothèque.

M. D.

(1) In-8° 250 × 165 de 360 pages avec 189 figures. Paris, Veuve Ch. Dunod 1902, 2° édition. Prix broché : 6 francs.

(2) 3 brochures 160 × 105, de 34, 29 et 24 p. Gand, Ad. Hoste, 1901, prix de chaque brochure : 0,75 *f* et 2 *f* les trois. Déposé chez Veuve Ch. Dunod. Paris.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. DE DAX.

LISTE

DES

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

REÇUES PAR LA SOCIÉTÉ DES

INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

AU

1er JANVIER

1902

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
EN FRANÇAIS	
Académie des Sciences (Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l')	52
Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Clermont-Ferrand (Mémoires de l')	1
Aéronaute (L')	12
Agendas Aide-Mémoire des Arts et Métiers et des Arts et Manufactures	1
Album de Statistique Graphique relatif aux Chemins de Fer, Routes Nationales, Navigation, etc., de la France	1
Almanach Hachette	1
Analyse des Eaux prélevées par le Laboratoire Municipal	52
Annales de la Construction (Nouvelles)	12
Annales des Chemins Vicinaux	12
Annales des Conducteurs et Commis des Ponts et Chaussées et des Contrôleurs des Mines	24
Annales des Mines	12
Annales des Mines de Belgique (Bruxelles)	4
Annales des Ponts et Chaussées. Partie Administrative	12
Annales des Ponts et Chaussées. Partie Technique	4
Annales des Travaux Publics de Belgique	6
Annales du Commerce Extérieur	12
Année Industrielle (L')	1
Année Scientifique et Industrielle (L')	1
Annuaire-Almanach du Commerce, de l'Industrie, etc. (Didot-Bottin)	1
Annuaire-Chaix. Les Principales Sociétés par Actions	1
Annuaire d'Adresses des Fonctionnaires du Ministère des Travaux Publics	1
Annuaire de l'Administration des Postes et des Télégraphes de France	1
Annuaire de l'Économie Politique et de la Statistique	1
Annuaire de l'Industrie Française et du Commerce d'Exportation	1
Annuaire de la Librairie Française	1
Annuaire de la Presse Française et du Monde Politique	1
Annuaire des Chemins de fer	1
Annuaire des Journaux	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Annuaire des Longitudes	1
Annuaire des Sociétés Savantes, Littéraires et Artistiques de Paris	1
Annuaire du Bâtiment (Sageret)	1
Annuaire et Aide-Mémoire des Mines, de la Métallurgie, de la Construction Mécanique et de l'Électricité	1
Annuaire Farjas pour les Inventeurs	1
Annuaire Général des Industries : Gaz, Eaux, Électricité (Guide-)	1
Annuaire Général des Sociétés Coloniales	1
Annuaire Général des Sociétés Françaises par Actions (Cotées et non Cotées) et des Principales Sociétés Étrangères	1
Annuaire Statistique de la France	1
Association Alsacienne des Propriétaires d'Appareils à Vapeur (Section Française)	1
Association Amicale des Anciens Élèves de l'École Centrale (Bulletin de l')	12
Association Amicale des Élèves de l'École Nationale Supérieure des Mines (Bulletin de l')	12
Associations de Propriétaires d'Appareils à Vapeur (Compte Rendu des Séances des Congrès des Ingénieurs en Chef des)	1
Association des Chimistes de Sucrerie et de Distillerie de France et des Colonies (Bulletin de l')	12
Association des Industriels de France contre les Accidents du Travail (Bulletin de l')	1
Association des Ingénieurs de l'Institut Industriel du Nord	4
Association des Ingénieurs Électriciens sortis de l'Institut Électro-Technique Montefiore (Bulletin de l')	12
Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège (Annuaire de l')	5
Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège (Bulletin de l')	4
Association des Ingénieurs sortis de l'Université de Bruxelles. École Polytechnique. Liste des Membres	1
Association des Ingénieurs sortis des Écoles Spéciales de Gand (Annales de l')	4
Association des Propriétaires d'Appareils à Vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise	1
Association des Propriétaires d'Appareils à Vapeur du Nord de la France	1
Association Française pour l'Avancement des Sciences. Bulletin de l'Afas	12
Association Française pour l'Avancement des Sciences. Comptes Rendus des Sessions	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Association Française pour la Protection de la Propriété Industrielle (Bulletin de l')	1
Association Internationale pour l'Essai des Matériaux. Statuts et État nominatif des Membres	1
Association Internationale pour la Protection de la Propriété Industrielle (Annuaire de l')	1
Association Lyonnaise des Propriétaires d'Appareils à Vapeur	1
Association Normande pour prévenir les Accidents du Travail (Bulletin de l')	1
Association Parisienne des Propriétaires d'Appareils à Vapeur. Bulletin Annuel.	1
Association Polytechnique (Bulletin de l')	12
Association Technique Maritime (Bulletin de l')	1
Atlas des Voies Navigables de la France	1
Avenir de l'Automobile et du Cycle (L')	12
Avenir des Chemins de Fer (L')	52
Béton Armé (Le)	12
Bibliographie de la France. Journal Général de l'Imprimerie et de la Librairie.	52
Bibliographie des Sciences et de l'Industrie	12
Bulletin des Transports Internationaux par Chemins de Fer (Berne)	12
Bulletin du Ministère de l'Agriculture	6
Bulletin Historique et Scientifique de l'Auvergne	12
Bulletin International de l'Électricité et Journal de l'Électricité réunis	24
Bulletin Officiel du Ministère des Colonies	12
Bulletin Technique de la Suisse Romande. Organe en Langue Française de la Société Suisse des Ingénieurs et Architectes (Lausanne)	24
Bureau International des Poids et Mesures (Travaux et Mémoires du)	1
Chambres de Commerce (Le Journal des)	24
Chambre de Commerce de Dunkerque (Procès-verbaux des Séances de la)	12
Chambre de Commerce de Dunkerque (Statistique Mensuelle de la)	12
Chambre de Commerce de Paris (Bulletin de la)	52
Chambre de Commerce de Paris (Travaux de la)	1
Chambre de Commerce de Rouen (Compte Rendu des Travaux de la)	1
Chambre de Commerce Française d'Alexandrie (Bulletin de la)	12
Chambre de Commerce Française de Portugal (Bulletin de la)	12
Chambre de Commerce Française de Portugal. Compte Rendu Annuel	1
Chambre des Propriétaires (La). Bulletin de la Chambre Syndicale des Propriétés Immobilières de la Ville de Paris	24

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Chauffeur (Le). 4e Série du Technologiste	24
Chemin de Fer du Nord. Rapport présenté par le Conseil d'Administration	1
Chemins de Fer, Postes, Télégraphes, Téléphones et Marine du Royaume de Belgique. Compte Rendu des Opérations	1
Chronique Industrielle	52
Ciment (Le)	12
Comité Central des Houillères de France (Annuaire du)	1
Comité de Conservation des Monuments de l'Art Arabe	1
Comité de l'Afrique Française (Bulletin du)	12
Comité des Forges de France (Annuaire du)	1
Comité des Forges de France (Bulletin du)	104
Commission Internationale du Congrès des Chemins de Fer (Bulletin de la)	12
Compagnie Générale des Omnibus de Paris. Rapport du Conseil d'Administration.	1
Compagnie Générale des Voitures à Paris. Rapport du Conseil d'Administration.	1
Congrès International des Accidents du Travail (Bulletin du Comité Permanent du)	4
Congrès des Sociétés Savantes. Discours prononcés à la Séance du Congrès	1
Congrès des Sociétés Savantes. Programme du Congrès	1
Conseil Supérieur du Travail	1
Conservatoire des Arts et Métiers (Annales du)	4
Construction Moderne (La)	52
Cosmos (Le)	52
Description des Machines et Procédés pour lesquels des Brevets d'Invention ont été pris sous le Régime de la Loi du 5 Juillet 1844	12
Direction de l'Hydraulique Agricole (Bulletin de la)	1
Écho des Mines et de la Métallurgie (L')	104
Éclairage Électrique (L'). Revue Hebdomadaire des Transformations Électriques, Mécaniques, Thermiques de l'Énergie	52
École Nationale des Ponts et Chaussées (Voir : Annales des Ponts et Chaussées).	»
École Nationale Supérieure des Mines (Voir : Annales des Mines)	»
École Spéciale d'Architecture. Concours de Sortie.	1
École Spéciale d'Architecture. Séance d'Ouverture	1
Économiste Français (L')	52
Électricien (L')	52
Electrochimie (L')	12

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Étincelle Électrique (L')	24
France Automobile (La)	52
Génie Civil (Le)	52
Grandes Usines (Les). Études Industrielles en France et à l'Etranger	1
Industrie Électrique (L')	24
Industrie Électro-Chimique (L')	12
Industrie Française (L')	52
Inspection du Travail (Bulletin de l')	6
Institut des Actuaires Français (Bulletin de l')	4
Institut Égyptien (Bulletin de l')	8
Inventions Illustrées (Les)	52
Journal d'Agriculture Pratique	52
Journal de la Meunerie	12
Journal de l'Éclairage au Gaz	24
Journal de l'Électrolyse. L'Aluminium, l'Acétylène, l'Or et l'Argent	24
Journal des Chemins de Fer	52
Journal des Transports	52
Journal des Travaux Publics	104
Journal des Usines à Gaz	24
Journal du Pétrole et des Industries qui s'y rattachent	24
Journal Officiel	365
Journal Télégraphique (Berne)	12
Locomotion Automobile (La)	52
Marine Française (La)	12
Mécanique. Électricité. Journal Technique Mensuel	12
Mémorial du Génie Maritime	2
Métallurgie et la Construction Mécanique (La)	52
Mois Scientifique et Industriel. Revue Internationale d'Informations	12
Moniteur de l'Industrie et de la Construction et Bulletin de la Classe d'Industrie et de Commerce de la Société des Arts de Genève	24
Moniteur de la Céramique, de la Verrerie, etc.	24
Moniteur de la Papeterie Française et de l'Industrie du Papier (Le)	24
Moniteur des Fils et Tissus	52
Moniteur des Intérêts Matériels	104
Moniteur des Travaux de l'Algérie et de la Tunisie	52

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Moniteur Maritime	52
Moniteur Officiel du Commerce	52
Moniteur Scientifique du Docteur Quesneville	12
Mouvement Scientifique, Industriel, Économique, Financier (Le)	52
Musée Social	12
Nature (La)	52
Observatoire de Nice (Annales de l')	1
Observatoire Météorologique, Physique et Glaciaire du Mont-Blanc (Annales de l')	1
Office Colonial (Feuille de Renseignements de l')	12
Office de Renseignements généraux et de Colonisation du Gouvernement Général de l'Algérie (Bulletin de l')	24
Office du Travail (Bulletin de l')	12
Papier (Le)	24
Paris-Hachette. Annuaire Complet, Commercial, Administratif et Mondain.	1
Portefeuille Économique des Machines	12
Praticien Industriel (Le)	24
Publications Nouvelles de la Librairie Gauthier-Villars (Bulletin des)	1
Questions Diplomatiques et Coloniales. Revue de Politique Extérieure	24
Quinzaine Coloniale (La). Organe de l'Union Coloniale Française	24
Rapports Commerciaux des Agents Diplomatiques et Consulaires de France (Annexe au Moniteur Officiel du Commerce)	52
Recueils Statistiques sur les Métaux suivants : Plomb, Cuivre, Zinc, Étain, Argent, Nickel, Aluminium et Mercure, établis par la Metallgesellschaft et la Metallurgische Gesellschaft A. G. (Francfort-sur-Mein)	1
Réforme Économique (La)	52
Réforme Sociale (La)	24
Régence de Tunis. Bulletin de la Direction de l'Agriculture et du Commerce.	4
Répertoire Bibliographique des Principales Revues Françaises	1
Répertoire du Journal Officiel de la République Française	12
Revue Administrative des Travaux Publics	12
Revue d'Artillerie	12
Revue d'Hygiène Publique et de Génie Sanitaire	12
Revue de Chimie Industrielle	12
Revue de l'Aéronautique Théorique et Appliquée	1
Revue de Législation des Mines en France et en Belgique	6

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Revue de Madagascar. Organe du Comité de Madagascar	12
Revue de Mécanique	12
Revue des Cultures Coloniales	24
Revue du Génie Militaire	12
Revue Générale de Chimie Pure et Appliquée	24
Revue Générale de la Marine Marchande	52
Revue Générale des Chemins de Fer et des Tramways	12
Revue Générale des Sciences Pures et Appliquées	24
Revue Horticole	24
Revue Industrielle	52
Revue Internationale de Navigation Intérieure	24
Revue Maritime	12
Revue Philomathique de Bordeaux et du Sud-Ouest	12
Revue Pratique de l'Électricité	24
Revue Scientifique et Industrielle de l'Année	1
Revue Technique, Annales des Travaux Publics et des Chemins de Fer	24
Revue Universelle des Mines, de la Métallurgie, etc.	12
Semaine Financière (La)	52
Service Hydrométrique du Bassin de l'Adour. Résumé des Observations sur les Cours d'Eau et la Pluie	1
Service Hydrométrique du Bassin de la Seine. Résumé des Observations sur les Cours d'Eau et la Pluie	1
Société Académique d'Agriculture, des Sciences, Arts et Belles-Lettres du Département de l'Aube (Mémoires de la)	1
Société Anonyme du Canal et des Installations Maritimes de Bruxelles. Rapport du Conseil d'Administration	1
Société Astronomique de France (Bulletin de la)	12
Société Belge d'Électriciens (Bulletin de la)	12
Société Belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie (Bulletin de la)	6
Société Belge des Ingénieurs et des Industriels (Bulletin de la)	1
Société Belge des Ingénieurs et des Industriels. Rapport Annuel	1
Société d'Économie Politique (Bulletin de la)	1
Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (Bulletin de la)	12
Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale. Compte Rendu bi-Mensuel des Séances	24

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Société de Géographie Commerciale de Bordeaux (Bulletin de la)	24
Société de Géographie Commerciale de Paris (Bulletin de la)	12
Société de Géographie de l'Est (Bulletin de la)	4
Société de l'Enseignement Professionnel et Technique des Pêches Maritimes (Bulletin de la)	4
Société de l'Industrie Minérale (Bulletin de la)	4
Société de l'Industrie Minérale (Compte Rendu Mensuel des Réunions de la)	12
Société de Protection des Apprentis (Bulletin de la)	4
Société de Secours des Amis des Sciences. Compte Rendu de l'Exercice	1
Société des Agriculteurs de France (Bulletin de la)	24
Société des Agriculteurs de France. Comptes Rendus des Travaux de la Session Génerale Annuelle	1
Société des Anciens Élèves des Écoles Nationales d'Arts et Métiers. Bulletin Technologique	12
Société des Conducteurs et Commis des Ponts et Chaussées et des Contrôleurs des Mines (Bulletin de la)	12
Société des Études Coloniales et Maritimes (Bulletin de la)	12
Société des Ingénieurs sortis de l'École Provinciale d'Industrie et des Mines du Hainaut (Publications de la) (Liège)	4
Société et Chambre Syndicale des Mécaniciens, Chaudronniers et Fondeurs de Paris (Bulletin de la)	6
Société Forestière Française des Amis des Arbres (Bulletin de la)	4
Société Française de Minéralogie (Bulletin de la)	12
Société Française de Photographie (Bulletin de la)	24
Société Française de Physique. Compte Rendu	24
Société Française de Physique (Séances de la)	4
Société Française des Ingénieurs Coloniaux (Bulletin de la)	4
Société Géologique de France (Bulletin de la)	6
Société Industrielle de l'Est (Bulletin de la)	1
Société Industrielle de Mulhouse (Bulletin de la)	12
Société Industrielle de Mulhouse. Programme des Prix	1
Société Industrielle de Reims (Bulletin de la)	1
Société Industrielle de Reims. Informations et Renseignements Commerciaux	12
Société Industrielle de Rouen (Bulletin de la)	6
Société Industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne (Bulletin de la)	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Société Industrielle du Nord de la France (Bulletin de la)	4
Société Internationale des Électriciens (Bulletin de la).	12
Société Nationale d'Agriculture de France (Bulletin des Séances de la). . . .	12
Société Nationale d'Agriculture de France. (Mémoires publiés par la). Séance Publique Annuelle	1
Société Scientifique Industrielle de Marseille (Bulletin de la)	4
Société Technique de l'Industrie du Gaz en France. Compte Rendu du Congrès .	1
Société Vaudoise des Sciences Naturelles (Bulletin de la)	2
Statistique de l'Industrie Minérale et des Appareils à Vapeur en France et en Algérie.	1
Statistique de la Navigation Intérieure	1
Statistique des Chemins de Fer Français (Documents Divers, 1re Partie) . . .	1
Statistique des Chemins de Fer Français (Documents Divers, 2e Partie). . . .	1
Statistique des Chemins de Fer Français (Documents Principaux).	1
Statistique des Houillères en France et en Belgique	1
Statistique Générale de la France	1
Sucrerie Indigène et Coloniale (La)	52
Syndicat des Entrepreneurs de Travaux Publics de France (Annales du) . . .	24
Syndicat des Ingénieurs-Conseils en Matière de Propriété Industrielle (Bulletin du)	4
Syndicats Professionnels, Industriels, Commerciaux et Agricoles (Annuaire des)	1
Tableau Général du Commerce et de la Navigation	1
I. Commerce (Commerce de la France avec ses Colonies et les Puissances Étrangères).	
II. Navigation (Navigation Internationale. Cabotage Français et Effectif de la Marine Marchande).	
Touring-Club de France(Revue mensuelle du)	12
Tout-Paris. Annuaire de la Société Parisienne.	1
Travaux Publics (Les). Journal Mensuel traitant de la Pratique de l'Art de Construire. Organe Officiel de la Société des Conducteurs, Contrôleurs et Commis des Ponts et Chaussées et des Mines.	12
Travaux Techniques des Officiers du Génie de l'Armée Belge (Recueil des) (Ixelles).	1
Union des Ingénieurs sortis des Écoles Spéciales de Louvain. Bulletin et Mémoires.	4
Union Française des Acétylénistes (Bulletin Officiel de l'). Syndicat Professionnel de l'Acétylène et des Industries qui s'y rattachent	10

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Union Géographique du Nord de la France (Bulletin de l')	4
Union Syndicale des Maîtres Imprimeurs de France (Bulletin Officiel de l') . .	12
Université de Liège. Association des Élèves des Écoles Spéciales. Bulletin Scientifique	12
Université de Liège. Association des Élèves des Ecoles Spéciales. Rapport Annuel	1
Université Libre de Bruxelles. Rapport sur l'Année Académique	1
Usines Électriques (Bulletin des). Organe du Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité	12
Vie Scientifique (La)	52
Volta (Le) Électricité. Industries Annexes	1
Yacht (Le), Journal de la Marine	52
Yachting Gazette. Journal de la Navigation de Plaisance	52
EN ALLEMAND	
Akademie der Wissenschaften (Sitzungsberichte der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Classe der Kaiserlichen) (Wien)	6
Annalen für Gewerbe- und Bauwesen (Berlin)	24
Architektur- und Ingenieurwesen (Zeitschrift für) (Hannover)	8
Berg-und Hüttenmaenische Zeitung (Leipzig)	52
Berg-und Hüttenmännischen Jahrbuches (Leoben)	1
Centralblatt der Bauverwaltung (Berlin)	104
Dampfkessel-und Dampfmaschinen-Betriebes (Mittheilungen aus der Praxis des) (Berlin)	52
Düsseldorfer Ausstellungs-Zeitung (Düsseldorf)	12
Gesellschaft Ehemaliger Studierender der Eidg. Polytechnischen Schule in Zürich (Bulletin der)	1
K. K. Central-Anstalt für Meteorologie-und Erdmagnetismus (Jahrbücher der) (Wien)	1
Niederösterreichischen Gewerbe-Vereins (Wochenschrift des) (Wien)	52
Oesterreichische Eisenbahn-Zeitung (Wien)	36
Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines (Zeitschrift des) (Wien).	52

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Oesterreichischen Zeitschrift für Berg-und Hüttenwesen (Leoben)	52
Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens (Wiesbaden)	12
Repertorium der Technischen Journal-Litteratur (Berlin)	1
Schweizerische Bauzeitung (Zürich)	52
Stahl und Eisen. Zeitschrift für das Deutsche Eisenhüttenwesen (Düsseldorf)	24
Vereines Deutscher Ingenieure (Zeitschrift des) (Berlin)	52
Vereines für die Förderung des Local-und Strassenbahnwesens (Mittheilungen des) (Wien)	12
Zeitschrift für Bauwesen (Berlin)	4
EN ANGLAIS	
Administration Report of the Government of Bengal, Irrigation Department (Calcutta)	1
American Academy of Arts and Sciences (Proceedings of the) (Boston)	24
American Engineer and Railroad Journal (New-York)	12
American Institute of Electrical Engineers (Transactions of the) (New-York)	12
American Institute of Mining Engineers (Bulletin of the) (New-York)	1
American Institute of Mining Engineers (Transactions of the) (New-York)	1
American Railway Master Mechanics' Association (Chicago)	1
American Railway Engineering and Maintenance of Way Association (Chicago)	1
American Society of Civil Engineers (Proceedings of the) (New-York)	12
American Society of Civil Engineers (Transactions of the) (New-York)	2
American Society of Mechanical Engineers (Transactions of the) (New-York)	1
American Society of Naval Engineers (Journal of the) (Washington)	4
Association of Engineering Societies (Journal of the) (Philadelphia)	12
Autocar (The) (London)	52
Automotor and Horseless Vehicule Journal (The) (London)	12
Boston Transit Commission (Annual Report of the) (Boston)	1
Bureau of Steam Engineering (Annual Report of the Chief of) (Washington)	1
Canadian Institute (Proceedings of the) (Toronto)	2
Canadian Institute (Transactions of the) (Toronto)	2
Canadian Society of Civil Engineers (Transactions of the) (Montreal)	2
Cassier's Magazine (London)	12

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Chinese Lighthouses (List of the) (China)	1
City Engineer of Newton (Annual Report of the)	1
Colliery Guardian (The). Journal of the Coal and Iron Trades. (London)	52
Cornell University Register (The) (Ithaca).	1
Electrical Engineer (The) (London)	52
Electrical Review (New-York)	52
Electrical World and Engineer (New-York)	52
Engineer (The) London	52
Engineering (London)	52
Engineering and Mining Journal (The) (New-York).	52
Engineering Association of New-South Wales (Minutes of Proceedings of the) (Sydney)	1
Engineering Magazine (The) (New-York).	12
Engineering News and American Railway Journal (New-York).	52
Engineering Record (The) (New-York)	52
Engineering Society of the School of Practical Science (Papers Read before the) (Toronto)	1
Engineers' Club of Philadelphia (Proceedings of the) (Philadelphia).	4
Feilden's Magazine (London).	12
Field Columbian Museum (Annual Report) (Chicago)	1
Franklin Institute (Journal of the) (Philadelphia)	12
Horseless Age (The) (New-York).	52
Indian Engineering (Calcutta)	52
Institute of Marine Engineers (Annual Volume of Transactions of the) (London)	1
Institution of Civil Engineers (Minutes of Proceedings of the) (London)	4
Institution of Civil Engineers. Private Press. (London)	24
Institution of Civil Engineers of Ireland (Transactions of the) (Dublin)	1
Institution of Electrical Engineers (Journal of the) (London)	6
Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland (Transactions of the) (Glasgow)	1
Institution of Mechanical Engineers (Proceedings of the) (London).	4
Institution of Mining and Metallurgy (Transactions of the) (London)	1
Institution of Naval Architects (Transactions of the) (London)	1
Iron Age (The) (New-York)	52
Iron and Coal Trades Review (The) (London)	52

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Iron and Steel Institute (Journal of the) (London).	2
John Crerar Library (Annual Report of the) (Chicago)	1
Mac Gill College and University (Annual Calendar of) (Montreal).	1
Manchester Steam User's Association (The) (Manchester).	1
Massachusetts Institute of Technology. Annual Catalogue. (Boston)	1
Massachusetts Institute of Technology, Annual Report of the President and Treasurer. (Boston).	1
Master Car Builders' Association (Chicago)	1
Midland Institute of Mining, Civil and Mechanical Engineers (Transactions of the) (Barnsley).	4
Mineral Industry, its Statistics, Technology and Trades in the United States and other Countries (The) (New-York)	1
New York State Library (Annual Report on the) (Albany).	1
New-York State Museum (Annual Report of the) (Albany).	1
New-York State Museum (Bulletin of the) (Albany).	1
New-York State Museum (Memoirs of the) (Albany)	1
North East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders (Transactions of the) (Newcastle-Upon-Tyne)	1
North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers (Transactions of the) (Newcastle-Upon-Tyne)	4
Nova Scotian Institute of Science (Proceedings and Transactions of the) (Halifax. Nova Scotia)	1
Publications of the Earthquake Investigation Committee in foreign Languages (Tokyo).	2
Railroad Digest (New York)	12
Railroad Gazette (New-York).	52
Railway Age (The) (Chicago).	52
Railway Engineer (London)	12
Report on the Subsidized Railways and other Public Works in the Province of Nova Scotia (Halifax).	1
Scientific American (New-York).	52
Society of Arts (Journal of the) (London)	52
Society of Engineers. Transactions. (London)	1
Street Department of City of Boston (Annual Report of the)	1
Street Railway Journal (The) (New-York)	2

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
United States Artillery (Journal of the) (Fort Monroe. Virginia)	6
United States Coast Geodetic Survey (Report of the Superintendent of the) (Washington)	1
United States Geological Survey (Annual Report of the) (Washington)	1
United States Geological Survey (Bulletin of the) (Washington)	1
United States Geological Survey (Mineral Resources of the) (Washington)	1
United States Geological Survey (Monographs of the) (Washington)	1
United States Naval Institute (Proceedings of the) (Annapolis)	4
Universal Directory of Railways Officials (The) (London)	1
University of the State of New-York (Annual Report of the Regents of the) (Albany)	1
University of Wisconsin (Bulletin of the). Engineering Series. (Madison)	4
University of Wisconsin (Bulletin of the). Science Series. (Madison)	4
Western Society of Engineers (Journal of the) (Chicago)	6
DANOIS	
Ingenioren (Kjobenhavn)	52
EN ESPAGNOL	
Academia de Ciencias y Artes de Barcelona (Boletin de la Real) (Barcelona)	4
Anuario de la Mineria, Metallurgia y Electricidad de España (Madrid)	1
Asociación de Ingenieros Industriales (Revista Tecnológico Industrial) (Barcelona)	12
Asociación de Ingenieros Industriales (Boletin Oficial de la) (Madrid)	12
Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México (Anales de la) (México)	1
Boletin de Agricultura, Mineria e Industrias (México)	12
Boletin de Minas Industria y Construcciones (Lima)	12
Boletin de Obras Públicas de la Republica Argentina (Buenos-Aires)	4
Industria é Invenciones (Barcelona)	52
Instituto de Ingenieros de Chile (Santiago)	12
Instituto Geológico de Mexico (Boletin del)	2
Junta de Obras del Puerto de Bilbao	1
Museo Nacional de Montevideo (Anales del)	4
Observatorio Meteorológico Central de México (Boletin Mensual del)	12

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Revista de Construcciones y Agrimensura (Habana-Cuba)	12
Revista de Obras Públicas (Madrid)	52
Revista Minera Metalúrgica y de Ingenieria (Madrid)	52
Revista Tecnica (Buenos-Aires)	24
Sociedad Cientifica « Antonio Alzate » (Memorias y Revista de la) (México) .	6
Sociedad Cientifica Argentina (Anales de la) (Buenos-Aires)	12
Sociedad Colombiana de Ingenieros (Anales de Ingenieria et Organo de la) (Bogóta)	12
EN HOLLANDAIS	
Ingenieur (De) (Orgaan van het Kon. Instituut van Ingenieurs. — Van de Vereeniging van Delftsche Ingenieurs) (La Haye).	52
Koninklijk Instituut van Ingenieurs (Tidjschrift van het) (Verhandelingen) (La Haye).	6
Nederlandsche Vereeniging voor Electrotechniek (s' Gravenhage).	2
EN HONGROIS	
Magyar Mérnök-és Épitész-Egylet (A). (Heti Értesitöje) (Budapest)	36
Magyar Mérnök-és Épitész-Egylet (A). (Közlönye) (Budapest)	24
EN ITALIEN	
Accademia dei Lincei (Atti della Reale). Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali. Rendiconti. (Roma)	24
Accademia dei Lincei (Atti della Reale). Rendiconto dell' Adunanza Solenne (Roma)	1
Associazione fra gli Utenti di Caldaie a Vapore (Milano)	1
Collegio degli Ingegneri ed Architetti della Sardegna (Bollettino del)	4
Collegio degli Ingegneri ed Architetti in Napoli (Bollettino del)	24
Collegio degli Ingegneri e degli Architetti in Palermo (Atti del)	2
Collegio degli Ingegneri ed Architetti in Palermo (Bollettino del)	12
Collegio Toscano degli Ingegneri ed Architetti (Firenze)	2

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Giornale del Genio Civile (Roma)	12
Industria (L') (Milano)	52
Ingegneria Civile e le Arti Industriali (L') (Torino)	24
Istituto d'Incoroggiamento (Atti del Reale) (Napoli)	1
Monitore Tecnico (Il) (Milano)	36
Politecnico (Il) (Milano)	12
Rivista di Artiglieria e Genio (Roma)	12
Scuola d'Applicazione pergl'Ingegneri in Roma. Annuario	1
Scuola d'Applicazione pergl'Ingegneri in Roma. Programmi d'Insegnamento	1
Societá degli Ingegneri e degli Architetti in Torino (Atti della)	1
Società degli Ingegneri e degli Architetti Italiani (Annali della) (Roma)	6
Societá degli Ingegneri e degli Architetti Italiani (Bullettino della) (Roma)	52
EN NORVÉGIEN	
Teknisk Ugeblad (Kristiania)	52
EN POLONAIS	
Przeglad Techniczny (Warszawa)	52
EN PORTUGAIS	
Observatorio do Rio de Janeiro (Annuario publicado pelo)	1
Revista de Obras Publicas e Minas (Associação dos Engenheiros Civil Portuguezes) (Lisboa)	6
Rivista Militar (Rio de Janeiro)	10
EN RUSSE	
Elektritchestvo (Saint-Pétersbourg)	24
Elektrotekhnitcheskii Viestnike (Saint-Pétersbourg)	36
Ghorniii Journale (Saint-Pétersbourg)	12

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Imperatorskagho Rousskagho Technitcheskagho Obchtchestva (Zapiski) (Saint-Pétersbourg)	12
Institouta Injeniérove Poutéi Soobchtchéniya Imperatora Aleksandra I (Sbornike) (Saint-Pétersbourg)	1
Sobraniya Injéniérove Poutéi Soobchtchéniya (Izviéstiya) (Saint-Pétersbourg) .	12
Stroïteli (Saint-Pétersbourg)	12
EN SUÉDOIS	
Teknisk-Tidskrift (Svenska Teknologföreningen) (Stockholm)	52
EN TCHÈQUE	
Spolku Architektův a Inženýrů v Království Českém (Zprávy) (Praze)	52

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 668-1-02. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

FÉVRIER 1902

N° 2

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de février 1902, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

Administration Report of the Government of Bengal. Irrigation Department, for the year 1900-1901 (in-4°, 235×210 de 128 p. avec 1 carte). Calcutta, Bengal Secretariat Press, 1901. 41470

Astronomie et Météorologie.

Casevitz (H.). — *Le Calendrier perpétuel*, par H. Casevitz (Extrait du Bulletin de la Société astronomique de France, décembre 1901) (in-8° 245×160 de 11 p.). Paris, Société astronomique de France (Don de l'auteur, M. de la S.). 41503

Chimie.

Henrivaux (J.). — *La Verrerie à l'Exposition Universelle de 1900*, par Jules Henrivaux (Revue technique de l'Exposition de 1900. 9e partie. Tome I) (in-8°, 285×190 de 119 p. avec 46 fig.). Paris, E. Bernard et Cie, 1902 (Don de l'auteur, M. de la S.). 41498

Villon (A.-M.) et Guichard (P.). — *Dictionnaire de chimie industrielle contenant les applications de la chimie à l'industrie, à la métallurgie, à l'agriculture, à la pharmacie, à la pyrotechnie et aux arts et métiers*, par MM. A.-M. Villon et P. Guichard. Tome III. Fascicule 31. Cahiers 41 à 45 (in-8°, 290×205). Paris, Bernard Tignol (Don de l'éditeur). 41481

Weil (Fr.). — *Addition à mes Procédés de dosage volumétrique par le chlorure stanneux, du cuivre, du fer, de l'antimoine, du zinc en poudre, du soufre dans les sulfures, du glucose et du sucre*, par M. Frédéric Weil (Extrait des Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, 13 janvier 1902) (in-4°, 280×220 de 2 p.). Paris, Gauthier-Villars (Don de l'auteur, M. de la S.). 41464

Construction des Machines.

Bertin (L.-E.). — *Chaudières marines*. Cours de machines à vapeur professé à l'École d'application du Génie maritime, par L.-E. Bertin. Deuxième édition (in-8°, 285×190 de 564 p. avec 300 fig.) (Don de l'auteur, M. de la S., et des éditeurs). 41484

Farman (D.). — *ABC du conducteur d'automobiles*, par D. Farman (in-18, 185×125 de 170 p. avec 52 fig.). Paris, J. Fritsch, 1898. 41478

Farman (M.). — *Manuel pratique du constructeur d'automobiles à pétrole*, par Maurice Farman (Bibliothèque des Actualités industrielles. N° 77) (in-16, 185×135 de 204 p. avec 65 fig. et atlas 325×250 de 20 pl.). Paris, Bernard Tignol (Don de l'éditeur). 41466 et 41467

Graffigny (H. de). — *Manuel pratique du constructeur et du conducteur de cycles et d'automobiles. Guide pratique*, par H. de Graffigny (Bibliothèque des Professions industrielles, commerciales, agricoles et libérales. Série G. Arts et Métiers. N° 33) (in-18, 135×120 de xii-351 p. avec 204 gravures). Paris, J. Hetzel et Cie. 41476

Haeder (H.). — *Les machines à vapeur et autres moteurs thermiques*, par Herm. Haeder. Ouvrage traduit sur la 4e édition allemande, par M. Svilokossitch (in-8°, 225×140 de xii-631 p. avec 1 972 fig. et 268 tabl.). Paris, J. Fritsch, 1899. 41475

Michotte (F.). — *Les moteurs modernes à eau, à gaz, à pétrole ou électriques*, par Félicien Michotte (Bibliothèque des Professions industrielles, commerciales, agricoles et libérales. Série G. Arts et Métiers) (in-18, 135×120 de 319 p. avec 68 fig.). Paris, J. Hetzel et Cie. 41477

Éclairage.

Comptes rendus de la Convention internationale des Acétylénistes tenue à Paris en l'Hôtel de la Société des Ingénieurs Civils les 21 et 22 octobre 1901, sous la présidence d'honneur de M. le général Sebert et la présidence de M. E. Pichon, publiés sous la direction de M. Pierre Rosemberg (in-8°, 225×155 de 104 p.). Paris, Société des Publications scientifiques et industrielles, 1902 (Don de M. E. Pichon). 41490

Société technique de l'Industrie du gaz en France. Compte rendu du vingt-huitième Congrès tenu les 18 et 19 juillet 1901 à Dieppe (in-8°. 250×160 de 579 p. avec 16 pl.). Paris, Imprimerie de la Société anonyme des Publications périodiques, 1901. 41462

Économie politique et sociale.

Bulletin de la Société d'Économie politique. Suite des Annales. Publié sous la direction du Secrétaire perpétuel. *Année 1901* (in-8°, 255×165 de 235 p.). Paris, Guillaumin et Cie. 41463

Joly (J.). — *Sécurité des ouvriers dans le travail*, par J. Joly (Extrait du Bulletin technologique de la Société des anciens élèves des Écoles Nationales d'Arts et Métiers. N° 12, décembre 1901) (in-8°, 215×135 de 33 p.). Paris, Imprimerie Chaix, 1901 (Don de l'auteur). 41468

Tableau général du Commerce et de la Navigation. Année 1900. Deuxième volume. Navigation (Navigation internationale. Cabotage français et Effectif de la marine marchande) (République Française. Direction générale des Douanes) (in-folio, 365×275 de 347-454 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1901. 41493

Législation.

Association amicale des Élèves de l'École Nationale supérieure des Mines. 37e Annuaire arrêté au 1er novembre 1901 (1901-1902) (in-8°, 240×160 de 216 p.). Paris, Siège de l'Association. 41482

Association internationale pour l'essai des matériaux. Statuts de l'Association internationale pour l'essai des matériaux approuvés par le Congrès de Budapest, 1901 (édités par l'Association) (in-8°, 220×140 de 7 p.). Stuttgart, Imprimerie Stähl et Friedel, 1901. 41500

Société belge d'Électriciens. Exercice 1901-1902. Statuts. Conseil supérieur. Conseil général. Comités. Liste des Membres. Tarif des annonces (in-8°, 245×160 de 28 p.). Bruxelles, Imprimerie des Travaux publics. 41489

Médecine, Hygiène, Sauvetage.

MAMY (H.). — *La lutte contre la tuberculose dans l'usine et l'atelier.* Rapport présenté au Comité de Direction, au nom du Comité exécutif, par M. H. Mamy (Association des Industriels de France contre les accidents du travail. Circulaire n° 19. Paris, janvier 1902) (in-8°, 235×155 de 9 p.). Paris, Imprimerie Chaix, 1901 (Don de l'auteur, M. de la S.). 41465

Métallurgie et Mines.

BROWN (M.W.). — *Transactions of the North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers. General and Subject-Matter Indice. Vols 1 to XXXVIII. 1852 to 1889.* Edited by M. Walton Brown (in-8°, 245×155 de VIII-244 p.). Newcastle-upon-Tyne, Published by the Institute, 1902. 41488

LEVAT (D.). — *La Guyane française en 1902*, par D. Levat (in-8°, 250×165 de 124 p. avec 25 photographies inédites et 3 cartes en couleurs). Paris, Imprimerie universelle, 1902 (Don de l'auteur). 41483

Table générale des matières contenues dans les 15 tomes formant la 3e série du Bulletin de la Société de l'Industrie minérale (1887-1901), suivie d'une Table alphabétique des auteurs avec l'indication de leurs travaux (in 8°, 230×140 de 62 p.). Saint-Étienne, au siège de la Société, 1901. 41474

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

HERVÉ (H.). — *Cerfs-volants et ballons de sauvetage maritime.* Communication présentée par M. Henri Hervé (in-8°, 245×160 de 47 p. avec 18 fig.). Imprimerie de Monaco, 1901 (Don de la Revue de l'Aéronautique). 41492

HERVÉ (H.). — *Les ancres de cape (ancres flottantes) depuis l'antiquité jusqu'à nos jours et les engins à frottement jusqu'à l'origine de l'ancre de pénétration*, par Henri Hervé (Extrait de la Revue de l'Aéronautique, tome XV) (in-4°, 305×230 de 216 p. avec 162 fig. et 1 carte). Paris, Bureaux du Journal Le Yacht, 1900 (Don de la Revue de l'Aéronautique). 41491

PÉRARD (J.) et MAIRE. — *Congrès international d'Agriculture et de Pêche tenu à Paris du 14 au 19 septembre 1900. Mémoires et comptes rendus des séances* publiés par M. J. Pérard et M. Maire (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition Universelle de 1900) (in-8°, 255×165 de XLIII-604 p.). Paris, Augustin Challamel, 1901 (Don de M. le Ministre du Commerce). 41494

PILLET (F.-J.). — *Utilisation du mouvement des marées au moyen des turbines noyées à faible chute*, par F.-J. Pillet. Suivi d'un Extrait de L'Architecture hydraulique par Bélidor (Manuscrit 360×230 de 40 p. avec 19 fig.). Paris, 38, boulevard Garibaldi, 1901-1902 (Don de l'auteur, M. de la S.). 41471

Sciences morales. — Divers.

FOUCART (G.), MARIN (L.), COLAS DES FRANCS, FROIDEVAUX (H.), BOURGOIN (G.). — *Congrès international de Géographie économique et commerciale tenu à Paris du 27 au 31 août 1900. Procès-verbaux sommaires*, par M. George Foucart et MM. L. Marin, Colas des Francs, H. Froidevaux et G. Bourgoin (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition Universelle internationale de 1900. Direction générale de l'Exploitation) (in-8°, 265×175 de 68 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1901 (Don de M. Ch. Gauthiot). 41499

Frédéric André, Ingénieur en chef de la voie publique de Paris 1847-1888. Sa vie. Ses œuvres, avec une Notice biographique par M. Berthelot. Membre de l'Institut, suivie d'une Notice sur la Physique de Lucrèce et d'une Note sur les Variations de la circulation dans les rues de Paris de 1872 à 1887 (in-8°, 250×165 de XIII-211 p.). Paris, Imprimerie de E. Watelet, 1889 (Don de M. Ed. Simon, M. de la S.). 41480

Technologie générale.

Annuaire pour l'an 1902, publié par le Bureau des Longitudes, avec des Notices scientifiques (in-32, 150×90 de IV-656; A. 31, B. 91, C. 15, D. 7 et E. 38 p.). Paris, Gauthier-Villars. 41479

International Engineering Congress, Glasgow 1901. The Proceedings of Section V (Iron and Steel). Being vol. LX, 1901, of the Journal of the Iron and Steel Institute (in-8°, 220×140 de 595 p. avec 19 pl.). London, E. and F. N. Spon, 1902. 41473

International Engineering Congress, Glasgow 1901. Proceedings of Section VII (Municipal). Edited by Thomas Cole (The Incorporated Association of Municipal and County Engineers) (in-8°, 215×140 de 155 p. avec 22 pl.). London, E. and F. N. Spon, 1901. 41497

International Engineering Congress, Glasgow, 1901. The Proceedings of Section VIII (Gas). Edited by J.W. Helps (in-8°, 225 × 140 de x-203 p. avec 41 fig.). London, Walter King. 41460

Robert H. Thurston. List of Books, Papers, etc.. 1902 (in-8°, 235×155 de 7 p.) (Don de l'auteur, M. de la S.). 41496

Transactions of the American Society of Mechanical Engineers. Vol. XXII, 1901 (in-8°, 265×165 de XXV-1164 p. avec 485 fig.). New-York. Published by the Society, 1901. 41461

Travaux publics.

Comité de conservation des monuments de l'art arabe. Exercice 1900. Fascicule dix-septième. Procès-verbaux des séances. Rapports de la Section technique (in-8°, 245×160 de 151 p. avec 9 pl.). Le Caire, Imprimerie de l'Institut français d'Archéologie orientale, 1900. 41495

Congrès international des Méthodes d'essai des matériaux de construction, tenu à Paris du 9 au 16 juillet 1900. Liste des Membres. Procès-verbaux des séances (in-4°, 335×225 de LXIV-203 p.). Paris, Ve Ch. Dunod, 1901 (Don de l'éditeur). 41472

Habitations à bon marché. Concours de 1901. Blocs ou maisons collectives à étages. Petites maisons familiales (in-4°, 400×300 de 17 p. avec 36 pl. in-folio, 450×325. Dourdan, E. Thézard fils (Don de M. E. Cacheux, M. de la S., de la part de l'éditeur). 41469

Le Blant (E.), Candlot (E.). — *Notes sur le troisième Congrès de l'Association internationale pour l'essai des matériaux de construction, tenu à Budapest du 9 au 14 septembre 1901. I. Section des métaux*, par M. E. Le Blant. — *II. Section des ciments*, par M. E. Candlot (Extraits des Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils de France. Bulletin de novembre 1901) (2 brochures in-8°, 240×155 de 19 p.). Paris, 19, rue Blanche (Don de l'Association internationale pour l'essai des matériaux). 41501 et 41502

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de février 1902, sont :

Comme Membres Sociétaires, MM. :

A. Alasseur,	présenté par MM.	Mesureur, Coiseau, Couvreux.
V. Bermont,	—	Brueder, J. Collin, Mougin.
A. Bonfort,	—	Dumas, Grégoire, Lavergne.
L. Castermans,	—	F. Dumas, de Joly, L. Rey.
L.-G.-A. Cavel,	—	Deldique, Gobelet, Wauquier.
A.-G. Citroën,	—	Ed. Lippmann, L. Périssé, Sussfeld.
E. Clévenot,	—	Baratoux, Dollot, Leclaire.
L.-A. Farnet,	—	Ch. Baudry, Bert, Brossard.
L.-Ch.-F. Fort,	—	L. Salomon, Biard, Flaman.
A.-P. Gouault,	—	Ch. Baudry, G. Dumont, J. Armengaud.
A.-G. Hinstin,	—	Ed. Lippmann, L. Périssé, Sussfeld.
H.-E. Lapipe,	—	Bail, Duval-Pihet, Barbier.
J. Lavé,	—	Milson, A. Moreau, Nouguès.
A.-J. Lespès,	—	Mesureur, de Joly, L. Rey.
J. López Rubio de Palacio,		Avisse, Gallois, Perrin.
L.-G. Mouchel,	—	J. Collin, Egrot, Mougin.
P.-M. Rey,	—	Blanchet, H. Chevalier, Cornier.
A.-C. Robert,	—	Ch. Bourdon, D. Monnier, Picou.
J. Rosenstock,	—	du Bousquet, G. Lévy, Rodrigue.
P. Sée,	—	Brüll, Neu, Porte.
A.-Ch. Thomas,	—	Mesureur, Couallier, Lencauchez.
J.-M.-L. Verneau,	—	Beau, Centner, Pettré.

Comme Membres Associés, MM. :

Th. Ballé,	présenté par MM.	Durupt, Masson, Stoeckel.
E. Barbas,	—	Bail, Balas, de Dax.
Ch.-E. Goénaga,	—	Rancelant, Révérand, Serre.
H. Pichot.	—	S. Périssé, L. Périssé, Courtois.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE FÉVRIER 1902

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 7 FÉVRIER 1902

Présidence de M. Jules Mesureur, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

M. le Président donne la parole à M. A. Bochet pour une observation au procès-verbal de la dernière séance.

M. Bochet exprime tout l'intérêt qu'il a pris à la communication que M. Marcel Deprez a bien voulu faire à la séance précédente de la Société, sur les calculs et théorèmes relatifs à l'hélice propulsive des aérostats.

En partant de deux des théorèmes les plus importants et les plus connus de la mécanique, M. Marcel Deprez a établi des formules, dont il a montré avec la plus parfaite clarté la rigoureuse exactitude. La science de leur auteur ne permettait d'ailleurs aucun doute à cet égard.

L'une de ces formules donne, pour le rapport $\frac{\mathfrak{T}}{F}$ du travail à fournir au propulseur pendant l'unité de temps. à l'effort F qui en résulte sur le câble d'amarrage dans un essai au point fixe, la valeur :

$$\frac{\mathfrak{T}}{F} = \frac{1}{2k} V.$$

V est la vitesse de l'air dans le sens de l'axe de l'hélice,
M la masse d'air lancée par seconde par le propulseur,
k le rendement mécanique de ce dernier.

Cette formule montre que, pour réduire la valeur de $\frac{\mathfrak{T}}{F}$, que M. Marcel Deprez appelle le prix de l'effort statique, il faut réduire V, ce qui conduit à augmenter M et, par suite, à accroître autant que possible les

dimensions de l'hélice. Mais il n'en est ainsi que dans les limites où k reste sensiblement constant. Or, si l'on augmente beaucoup les dimensions de l'hélice, k diminue forcément, par suite de l'accroissement du travail dû aux chocs et frottements sur l'air. Il y a donc lieu de rechercher la valeur de V et de k rendant $\frac{\mathfrak{T}}{F}$ minimum.

Les théories concordantes entre elles qui ont été données depuis quelques années par M. Drzewiecki et par M. Rateau dans le *Bulletin de l'Association technique maritime*, justifient pleinement la remarque qui précède et permettent d'assigner aux hélices les dimensions les plus avantageuses.

Les dimensions calculées d'après ces théories concordent avec celles reconnues les meilleures dans la pratique pour les hélices.

Sous réserve de cette observation, le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer le décès de MM. :

S. Agniel, Ancien Élève de l'École des Mines de Saint-Étienne, Membre de la Société depuis 1898, Agent Général de la Compagnie des Mines de Vicoigne et de Nœux ;

A. Faivre, Ancien Élève de l'École des Arts et Métiers d'Angers (1884), Membre de la Société depuis 1896, Industriel ;

A. de Laminière, Ancien Élève de l'École Centrale (1868), Membre de la Société depuis 1881, Ingénieur Civil ;

G. Robert, Ancien Élève de l'École Centrale (1859), Membre de la Société depuis 1864, Gérant de la Société des Fers et Aciers Robert ;

E. A. Vuillemin, Membre de la Société depuis 1864, Ingénieur Civil des Mines, Ancien Ingénieur Directeur-Gérant de la Compagnie des Mines d'Aniche, Ancien Président du Comité des Houillères du Nord et du Pas-de-Calais, Président de la Société de l'Industrie Minérale (district du Nord), Officier de la Légion d'Honneur.

M. le Président adresse à la famille de nos regrettés Collègues l'expression des sentiments de condoléance de la Société.

M. le Président a le plaisir d'annoncer les décorations et nomination suivantes :

Ont été nommés :

Chevaliers de la Légion d'Honneur : MM. E. Mimard, Ad. Réveillac ;

Officier de l'Instruction Publique : M. Ed. Pommay ;

Officiers d'Académie : MM. D. Dorian, F.-L. Dubois ;

M. Armengaud Jeune, a été nommé Président de la Société de Navigation aérienne.

M. le Président adresse à nos Collègues les félicitations de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance.

Cette liste sera insérée dans un prochain *Bulletin*.

M. le Président est heureux d'annoncer que M. Honoré a bien voulu abandonner à la Société les deux obligations dont il était propriétaire.

Une partie de la valeur de ces obligations a été appliquée à son exonération, et le surplus, soit 437,80 *f*, y compris les coupons échus, a été versé au fonds de secours de notre Société.

M. le Président est certain d'être l'interprète de la Société tout entière en adressant à notre Collègue de chaleureux remerciements.

M. le Président communique à la Société les avis suivants :

1° La Chambre de Commerce de Paris nous a fait parvenir l'information suivante :

« Les Industriels et Commerçants qui demandent à faire rentrer, en » franchise des droits de douane, les machines ou produits qu'ils ont » expédiés à l'étranger pour leur faire subir des modifications ou réparations, ont à fournir à l'Administration des douanes, un certificat, » émanant de la Chambre de Commerce, et constatant que les opérations, qui ont motivé l'exportation desdits objets, ne peuvent être » faites utilement en France.

» Pour que la Chambre de Commerce puisse statuer en connaissance » de cause, il est nécessaire qu'elle soit mise en mesure de vérifier, si » elle le juge utile, les déclarations qui lui sont faites à cet égard par » les intéressés. Elle croit devoir, en conséquence, les prévenir que » toute demande de certificat introduite après le départ des objets pour » l'étranger ne pourra être accueillie .»

2° La Société forestière française des Amis des Arbres tiendra, le 1er mars prochain, son Assemblée générale pour la distribution de médailles à des instituteurs ayant contribué largement au succès de l'œuvre de reboisement qu'elle a entreprise.

Notre Collègue, M. Cacheux, a été désigné pour représenter la Société à cette cérémonie.

3° Le prochain Congrès International des Habitations à bon marché se tiendra à Dusseldorf, dans le courant de cette année. M. Cacheux a été délégué de la Société à ce Congrès et M. Gouvy a été également désigné comme délégué à l'Exposition Industrielle qui doit se tenir dans cette ville, Exposition dont il nous entretiendra tout à l'heure.

Ont été adjoints en outre, MM. Le Blant et, éventuellement, notre Vice-Président M. H. Couriot.

4° Le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes nous a fait parvenir une lettre nous informant que des concours auront lieu le 1er mars prochain et jours suivants à Paris, pour l'admissibilité aux emplois de : 1° Professeur de Mathématiques ; 2° Professeur de Dessin, dans les Écoles nationales d'Arts et Métiers.

Le programme de ces concours sera inséré dans le *Journal Officiel* du 13 courant, qui pourra être consulté à la Bibliothèque par ceux que la question intéresse.

M. le Président dit que notre Collègue, M. Farjas, lui avait, il y a quelques semaines, adressé une invitation à assister à des *Expériences de télégraphie sans fil*, qui devaient avoir lieu au château de Marchais, appartenant au Prince de Monaco, sous la direction de M. Maiche, auteur du système en essai. Voici les résultats desdites expériences effectuées le 17 janvier dernier.

M. Maiche, l'électricien bien connu, est l'auteur d'un *système de télégraphie et de téléphonie sans fil*, en utilisant simplement la terre.

Un fil isolé, dit fil de base, dont la longueur varie avec la distance à laquelle doivent être transmis les signaux, est installé en un point quelconque, et se termine à chaque extrémité par une plaque métallique d'une certaine dimension, enterrée autant que possible dans une couche relativement humide.

L'autre station comprend un fil disposé de la même façon et, autant que faire se peut, parallèle à la direction du premier.

Sur ces deux fils, en un point quelconque, se trouvent intercalés les appareils expéditeurs et récepteurs consistant :

1° En un groupe de piles fournissant le courant à un appareil appelé *Diffuseur*, pour les signaux phoniques ;

2° Ces piles sont reliées en même temps à l'appareil transmetteur et au récepteur, se composant soit d'un téléphone, soit d'un manipulateur Morse. A chaque poste peut être installé un relai télégraphique, comme cela se fait d'ordinaire.

Les appareils expérimentés avaient été prévus par leur auteur et avaient servi pour des distances ne dépassant pas 400 *m* avec des fils de base d'environ 15 à 20 *m*, soit un rapport de 1/20.

Bien que n'étant pas prévus pour des distances supérieures, ces appareils, essayés successivement à 1 500, 3 500 et 7 000 *m*, ont donné les résultats suivants :

Jusqu'à 3 500 *m*, les signaux téléphoniques ou télégraphiques ont été parfaitement nets et clairs ;

A 7 000 *m*, les signaux téléphoniques n'étaient plus perçus que d'une façon indistincte, mais les signaux télégraphiques avaient conservé leur netteté. Toutefois, la proportion dans laquelle il avait fallu augmenter la longueur de la base s'était accrue. En effet, elle avait été portée, pour les expériences relatives aux distances de 3 500 et 7 000 *m*, à environ 400 à 450 *m*, soit un rapport de 1/15 à 1/18. Mais ceci semble s'expliquer par les faits suivants :

L'énergie des piles étant restée la même, et l'intensité électrique, nécessaire pour transmettre les signaux à distance, étant fonction, dans une certaine mesure, de cette distance, il est probable que, si cette énergie reste la même, la base doit être augmentée.

Quoi qu'il en soit, ces expériences ont paru assez concluantes au prince de Monaco pour qu'il ait mis son yacht « La Princesse Alice » à la disposition de l'inventeur afin de recommencer prochainement, en Méditerranée, ses expériences.

Elles auront probablement lieu en installant, à terre un fil de base avec appareil, et à bord un fil, qui sera laissé à la traîne du navire, permettant de faire varier facilement, au fur et à mesure que ce dernier s'éloignera de la côte, la longueur de l'une des bases. On obtiendra ainsi probablement des données permettant de déduire la loi qui doit régir les relations de l'énergie, de la longueur de la base et de la distance.

On pourra aussi, en faisant varier l'orientation de la marche du navire, vérifier si le parallélisme des deux bases est indispensable, ou si,

au contraire, la direction de ces bases est indifférente pour la transmission des signaux à distance.

M. le Président remercie vivement M. Farjas et signale aux Membres de la Société qu'ils pourront consulter, à la Bibliothèque, la revue *Les Inventions illustrées*, qui contient des articles sur cette question.

Il est ensuite procédé à la nomination du Jury du *Prix Couvreux*.

Sont nommés : MM. A. Couvreux, A. de Gennes et G. Richard.

M. le Président dit que les Membres de la Société ont été avisés par une circulaire spéciale, encartée dans le dernier procès-verbal, de la modification apportée au dernier moment à l'ordre du jour de la séance de ce soir.

En effet, un de nos Collègues, M. Léon Gérard, Président de la Société belge des Electriciens, de passage à Paris, a bien voulu se mettre à la disposition de la Société pour traiter devant elle une question du plus haut intérêt. M. le Président, avant de lui donner la parole, saisit cette occasion avec empressement, pour le remercier, au nom de la Société et en son nom personnel de nous donner la primeur de ses études sur *la Question des chemins de fer électriques en Europe et en Amérique.*

M. Léon Gérard a la parole. Sa communication sera insérée *in extenso* au *Bulletin.*

M. le Président s'adresse en ces termes à M. L. Gérard :

Monsieur le Président et cher Collègue,

Au début de votre si intéressante conférence vous avez bien voulu nous dire que vous étiez venu avec le plus grand plaisir au milieu de Collègues et de camarades. Je suis très heureux de ce sentiment et je vous assure qu'il est partagé par les Ingénieurs français.

Vous avez exposé avec logique, méthode et talent, toute une série de visites dont vous avez tiré des arguments que vous avez su nous faire apprécier. Je vous remercie d'avoir bien voulu nous honorer de votre confiance en nous communiquant ces observations toutes récentes et du plus haut intérêt; nous garderons un souvenir pratiquement utilisable de tout ce que vous nous avez dit.

Je retiens de vos paroles que vous restez gracieusement à notre disposition pour participer aux discussions que votre communication de ce soir ne manquera pas de faire naître au milieu de nous.

M. L. Gérard remercie à son tour M. le Président des paroles qu'il vient de prononcer; il ajoute qu'il a dû restreindre son sujet et qu'il aurait pu encore nous faire part d'autres projets, celui, notamment, de la captation du courant sans avoir recours à des prises de contact. Mais, à ce sujet, il demandera de passer la parole, pour une de nos prochaines séances, à M. Julien Dulait, qui est l'inventeur même du système de la prise de courant par induction.

M. le Président en prend bonne note et personne ne demandant à présenter d'observation sur les questions traitées par M. Gérard, il donne la parole à M. Alexandre Gouvy pour sa communication sur l'*Exposition industrielle de Dusseldorf.*

M. A. Gouvy expose à la Société que la communication qu'il va faire relativement à une exposition qui n'est pas encore ouverte ne doit pas être considérée comme une réclame pour cette exposition; c'est simplement à la suite d'un voyage en Westphalie, au mois de septembre dernier, qu'il a été frappé par l'importance, au point de vue de la métallurgie et de la mécanique, que l'Exposition de Dusseldorf paraissait devoir présenter, et il a cru utile de communiquer à ses Collègues quelques indications préliminaires.

M. A. Gouvy fait passer sous les yeux de l'Assemblée une série de 39 projections représentant les installations diverses, tant en construction qu'après achèvement.

L'Exposition de Dusseldorf, qui s'ouvrira du *1er mai* au *20 octobre 1902*, n'est que régionale et comprend les provinces du Rhin et de la Westphalie avec le district de Nassau; elle est justifiée par l'importance industrielle de la région considérée; des tableaux de *statistique* figureront au Bulletin et M. Gouvy se borne à mentionner ce fait qu'à la production totale du globe en fonte de fer, par exemple,

Les États-Unis d'Amérique participent	pour	33,6 0/0
La Grande-Bretagne —	—	23,6 »
L'Allemagne y compris le Luxembourg	—	20,0 »
La France	—	6,3 »
La Russie	—	6,6 »
Le *district minier de Dortmund* à lui seul	pour.	7,0 »

La *surface occupée* par l'Exposition est de 550 000 m^2, dont 100 000 m^2 de surface couverte; elle a été créée artificiellement sur la rive droite du Rhin, sur un terrain précédemment inondé, moyennant une dépense de 4 millions de marks.

Les *pavillons* principaux à signaler dès maintenant sont les suivants :

Usines *Krupp* (Essen) couvrant.	4 180 m^2
— de *Hoerde* (Dortmund)	1 000 m^2
Société de *Gutehoffnungshütte*, près Oberhausen	3 035 m^2
Usines de *Bochum*.	2 450 m^2
Société de construction du Rhin *(Ehrhardt)* .	1 800 m^2
Sociétés réunies de constructeurs de *wagons et locomotives*.	3 800 m^2

Le Palais principal de l'Exposition (Palais de l'Industrie) occupera 28 000 m^2, le Palais des Machines environ 15 000 m^2, le Pavillon des Mines, 6 000 m^2.

La *force électrique* développée sera de 6 000 *ch* pour l'éclairage et de 6 000 *ch* pour le transport de force; il y aura trois groupes de chaudières à vapeur d'une surface de chauffe totale de 4 000 m^2.

M. Gouvy croit devoir signaler principalement aux métallurgistes la soufflerie avec *moteur à gaz* de hauts fourneaux de 1 000 *ch*, exposée par la Société Otto-Deutz dans le pavillon des usines de Gutehoffnungshütte auxquelles elle est destinée, ainsi qu'un laminoir à rails qui sera actionné de même par un moteur à gaz; il est regrettable que les moteurs Delamare-Deboutteville, construits en Westphalie par les ateliers de

Wetter-sur-Rühr (en France par MM. Schneider et C[ie] et en Belgique par la Société Cockerill), ne soient pas représentés, d'autant plus que plusieurs constructeurs nouveaux de moteurs à gaz de hauts fourneaux participeront à l'Exposition.

Les Ingénieurs des Mines s'intéresseront plus particulièrement à un *chevalement métallique*, à une *machine d'extraction* de 1 200 kilowatts et à une *machine d'épuisement* horizontale de 3600 *ch*, destinée à élever 25 m^3 d'eau par minute à 500 *m*.

M. Gouvy signale enfin les constructions de l'Association des *fabricants de béton*, les *fontaines* lumineuses, les pavillons divers et restaurants, ainsi que le *Palais des Beaux-Arts*, qui est la seule construction de l'Exposition exécutée en pierre et qui restera la propriété de la ville de Dusseldorf; ce palais qui couvre 8000 m^2 a une façade de 132 *m* et aura coûté 1 200 000 marks.

De nombreux *congrès* auront lieu pendant l'Exposition, mais des invitations spéciales ne seront pas adressées aux Sociétés ou associations étrangères en tant que corps constitués, les Comités d'organisation ne pouvant prendre sur eux les charges qui leur incomberaient du fait des réceptions *officielles;* toutefois les Sociétés ou leurs délégués sont assurés d'avance du concours de ces Comités et de leurs représentants, soit aux Congrès, soit pour la visite de l'Exposition et de la ville de Dusseldorf.

M. le Président remercie M. Gouvy de sa communication et espère que nous aurons encore occasion de l'entendre à son retour de l'Exposition de Dusseldorf.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. A. Bonfort, A.-G. Citröen, L.-Ch.-F. Fort, A.-P. Gouault, A.-G. Hinstin, J. Lopez-Rubio de Palacios, A.-C. Robert, A.-Ch. Thomas, comme Membres Sociétaires, et de

M. E. Barbas comme Membre Associé.

MM. A. Alasseur, V. Bermont, L. Castermans, L. Cavel, E. Clévenot, L. Farnet, E.-H. Lapipe, J. Lavé, A. Lespès, L.-G. Mouchel, P.-M. Rey, J. Rosenstock, P. Sée, J.-M.-L. Verneau sont reçus comme Membres Sociétaires et

MM. T. Ballé, Ch.-E. Goénaga et H. Pichot, comme Membres Associés.

La séance est levée à 11 heures un quart.

Le Secrétaire,

J.-M. Bel.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 21 FÉVRIER 1902

Présidence de M. Jules Mesureur, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer à la Société le décès de MM. :

L. de Naeyer, Membre de la Société depuis 1882; Directeur de la Société de Naeyer et Cie, de Willebroeck, Bourgmestre de cette ville, Ancien premier Vice-Président du Conseil supérieur de l'Industrie et du Travail, Commandeur de la Légion d'Honneur;

A. Elmering, Membre de la Société depuis 1869; Fondeur; Direction du Perfectionnement des Travaux et du Matériel de la Fonderie du Fer;

W. Rich. Hutton, Membre de la Société depuis 1880; Membre de l'American Society of Civil Engineers, Ingénieur en chef du Washington bridge, à New-York, Ingénieur en Chef de l'Hudson River Tunnel et de différentes Compagnies de chemins de fer.

M. le Président adresse aux familles de nos regrettés Collègues, l'expression des sentiments de condoléance de la Société.

M. le Président a le plaisir d'annoncer à la Société les décorations et nominations suivantes :

Chevaliers du Mérite Agricole : MM. F.-M. Boutain, Adrien Hallier.

M. J. Mesureur a été nommé Président honoraire de la Société des Anciens Élèves des Écoles nationales des Arts et Métiers.

M. Pantz a été nommé Membre de la Commission chargée d'étudier l'organisation, à l'étranger, d'une école de perfectionnement pour les jeunes Ingénieurs et Industriels.

MM. Boudenoot, G. Denis, Poirrier, Prevet, Reymond, Aimond, Plichon, Dreux, de Bovet, L. Coiseau, J. Fleury, E. Peigné, ont été nommés Membres du Comité consultatif de Navigation.

Ont été nommés Membres du Comité chargé de l'organisation du Concours international des moteurs et appareils utilisant l'alcool dénaturé :

Première section : MM. A.-Ch. Bourdon, E. Hospitalier;
Deuxième section : M. A. Loreau;
Troisième section : M. J. Grouvelle.

M. le Président adresse à nos Collègues les félicitations de la Société.

M. le Président est heureux d'annoncer que M. G. Dumont, Ancien Président, a bien voulu nous abandonner la plus grande partie de la valeur de deux obligations de la Société dont il était propriétaire.

Une partie en a été appliquée à son exonération et le surplus, soit 200 *f*, a été versé au fonds de secours de la Société.

M. le Président est certain d'être l'interprète de tous en adressant à notre Ancien Président de chaleureux remerciements.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un prochain *Bulletin*.

M. LE PRÉSIDENT informe les Membres de la Société que M. F. Guillon a déposé, le 14 février 1902, un pli cacheté. Conformément à l'usage, ce pli est déposé aux archives.

M. LE PRÉSIDENT communique à la Société les avis suivants :

1° Le Comité, dans sa séance du 7 février, a nommé une Commission d'étude du fonctionnement de la Société. Cette Commission est ainsi composée :

M. P. Buquet, ancien Président, Président de la Commission; MM. A. Brüll et G. Canet, Anciens Présidents, Cornuault et A. Hillairet, Membres du Comité, Membres de la Commission. En outre, M. A. Mallet a été adjoint, au titre de Secrétaire, avec voix consultative.

Cette Commission s'est déjà réunie et a d'abord étudié l'ensemble des diverses propositions faites depuis 1870. Elle abordera ensuite l'examen des propositions contenues dans les discours de MM. Baudry et Mesureur.

M. le Président ajoute que les Membres de la Commission ont le vif désir d'aboutir rapidement et qu'ils ne négligeront rien pour étudier à fond les diverses propositions qui leur seraient soumises et chercher les meilleures solutions.

2° La Société française de Physique consacrera, suivant l'usage, deux séances à la répétition des principales expériences présentées pendant l'année, ainsi qu'à l'exposition des appareils nouveaux concernant la physique.

Ces deux séances se tiendront le vendredi 4 et le samedi 5 avril, au siège de cette Société, 44, rue de Rennes, à 8 heures du soir; la première sera réservée exclusivement aux Membres de la Société de Physique. la seconde sera ouverte à leurs invités.

3° A la suite des communications de MM. Surcouf et Marcel Déprez, faites dans la séance du 24 janvier, la Société a reçu des notes de MM. Duthu. Duroy de Bruignac et Juppont, relatives à ces communications.

M. le Président ne donne pas aujourd'hui connaissance de ces notes; la lecture en sera faite lors de la *Discussion générale sur l'Aéronautique*, qui doit avoir lieu après la communication de M. Soreau.

4° Notre Collègue, M. Montel, qui occupe la situation d'Ingénieur en chef du Service de l'arrière du chemin de fer d'Aniverano au Mangoro, en résidence à Andevorante, par Tamatave (Madagascar), a écrit à M. le Président pour l'informer qu'il se tenait à la disposition des Membres de la Société pour leur donner, dans les limites du possible, les renseignements qu'ils pourraient désirer sur la Côte Est de Madagascar et sur les chemins de fer.

M. le Président remercie notre Collègue de cet avis dont profiteront certainement quelques-uns d'entre nous.

M. le Président donne la parole à M. H. Chevalier pour sa communication sur *les Charrues d'Afrique.*

M. Henri Chevalier communique à la Société une étude rétrospective sur *les Charrues d'Afrique.* Il montre les modèles égyptiens datant d'environ cinq mille ans et les compare à la charrue actuelle des Fellahs, après avoir mis sous les yeux de la Société les modèles des époques intermédiaires. Quittant l'Égypte, il décrit ensuite une charrue carthaginoise et plusieurs charrues tunisiennes, puis les charrues algériennes et enfin quelques types marocains.

M. Chevalier fait remarquer que, malgré le peu de progrès réalisés dans un si long espace de temps, il ne faut pas oublier les faibles moyens dont disposaient les anciens pour leur permettre d'établir en connaissance de cause des outils rationnels.

M. le Président remercie M. H. Chevalier de sa communication ; il dit que la Société lui est reconnaissante d'avoir bien voulu nous faire connaitre ces différents types de charrue.

Puis il donne la parole à M. G. Richou, pour sa communication sur la *Reconstruction des formes de radoub de l'Anse de Pontaniou, dans l'Arsenal de Brest,* dont l'entrepreneur, M. Adrien Hallier, est un des Membres de la Société.

M. G. Richou donne d'abord une description sommaire des travaux prévus pour l'approfondissement, l'allongement et l'élargissement des formes de radoub, établies au xviii[e] siècle dans l'anse de Pontaniou et prenant accès par la Penfeld.

Les dimensions principales des nouveaux ouvrages sont les suivantes :

Dimensions.	Formes des Croiseurs.	Formes des Cuirassés.
Longueur totale des portes à l'extrémité de l'ogive	177,50 *m*	160 *m*
Largeur au niveau des terre-pleins :		
a) Sur les écluses	22	29,267
b) Sur la section courante	26,80	33,134
c) Au niveau du radier des écluses	19	25
d) Au niveau du radier de la section courante	19,00	28,234
Pente des radiers . . . . . . par mètre.	0,007	0,007

L'allongement a été peu important, tandis que les élargissements atteignent respectivement 4 *m* et 10,33 *m* sur la section courante, et les approfondissements 3,60 *m* et 6,40 *m*.

M. Richou indique ensuite l'ordre d'exécution imposé par le Cahier des charges : 1° travaux accessoires permettant de dégager les terre-pleins entourant les formes ainsi que les voies d'accès et, simultanément, construction du puisard des machines et des aqueducs des formes ; 2° fon-

dations des écluses de tête au moyen d'un ou deux caissons à l'air comprimé et, simultanément, excavation et maçonneries de l'intérieur des formes, à l'abri des anciennes portes.

Délai total : quatre années.

Les formes proprement dites étant sur presque toute leur longueur creusées dans le roc, les déblais servent à l'exécution des maçonneries : le cube surabondant est évacué sur une voie de 1 *m* par de grands wagons à traction de locomotives. L'approvisionnement du mortier se fait par une voie de 0,60 *m*. On ne dispose d'ailleurs comme dégagements que d'une bande de 6 *m* de largeur entourant les formes, et d'une autre de 12 *m* de large, en retour des quais de la Penfeld. Celle-ci sert pour les approvisionnements de pierre de taille et les installations de fabrication du mortier.

L'exiguïté de ces dégagements a conduit à employer une station centrale d'électricité qui comporte deux moteurs Weyher et Richemond, genre Corliss, de 150 *ch* chacun, et actionnant des dynamos à courant continu de 240 volts, l'une de 66 kilowatts et l'autre de 90 kilowatts.

Cette station commande l'atelier de réparations, celui de fabrication du mortier, un transporteur Temperley, deux compresseurs d'air, les treuils pour l'évacuation des déblais, les pompes d'épuisement, l'éclairage, etc.

Les travaux d'excavation et de maçonneries, exécutés à l'abri des anciennes portes, n'auraient suscité aucune difficulté particulière, si l'on n'avait eu à subir des éboulements considérables sur les faces Nord de chacune des deux formes, en raison du clivage des roches. Il a fallu, pour y remédier, construire un arc en maçonnerie, destiné à porter les voies de déblais.

Par contre, l'emploi des caissons à air comprimé prévus par le Cahier des charges, pour les fondations des écluses d'entrée, à cause de la mauvaise qualité du sol, soulevait de sérieuses objections. Le rocher présente, en effet, au droit des écluses une sorte de cuvette dont les bords se trouvent à la cote (+ 9 *m*) et le fond, d'ailleurs situé à peu près dans l'axe, à la cote (— 7 *m*). La partie centrale était occupée par d'anciens pilots très serrés, frappés par les premiers constructeurs, pour porter le radier des têtes des anciennes formes. Le caisson unique ou les caissons accolés auraient présenté une longueur totale de 80 *m* et n'auraient eu pour soutien sur les trois quarts de cette longueur, que les pilots de la partie centrale et des vases plus ou moins consistantes. Ils auraient donc été exposés à fléchir à marée basse sous leur propre poids.

L'appareil fut néanmoins commandé, mais sa livraison se fit attendre si longtemps, que M. Hallier dut aviser à un autre moyen. Après avoir reconnu la bonne conservation des anciens pieux, il proposa à MM. les Ingénieurs des Services hydrauliques, qui l'acceptèrent, sous sa responsabilité, de renoncer à l'emploi des caissons à air comprimé et de fermer l'anse de Pontaniou par un batardeau en maçonnerie, reposant sur un radier général en béton d'une épaisseur de 0,50 *m*, destiné à contre-balancer les irrégularités de résistance du sol de fondation. Ce radier supporte un mur en maçonnerie de 62 *m* de longueur, 6 *m* de largeur à la base et 1 *m* à la crête. Les plus hautes marées atteignant 8,20 *m*, il

est arasé à la cote (8,60 *m*). Ce mur présente du côté de la Penfeld une convexité correspondant à un rayon de 300 mètres. Il exerce sur le radier de fondation une pression maximum de 2 *kg* par centimètre carré, qui passe à marée haute sur l'arête intérieure, et s'exerce à marée basse sur l'arête extérieure.

M. Richou fournit quelques renseignements sur la manière dont s'est comporté cet ouvrage hardi et dont la bonne tenue n'était pas certaine, malgré tous les soins apportés à son exécution : il a présenté dès l'origine un renard sans importance qui n'a pas décelé d'affouillement dans les vases de la rivière, et qu'on a laissé couler, et trois fissures dont aucune n'a donné d'eau.

Il indique ensuite les différents projets discutés pour l'attaque de la fouille des fondations des écluses de manière à parer aux affouillements qui auraient pu se produire au-dessous de la tête des pieux, et auraient ainsi rendu inutile la construction du batardeau.

L'enlèvement des déblais de la partie centrale est protégé par un rideau de palplanches battues, en arrière de la première file de pieux qui suit la risberme du batardeau : il se fait à l'aide d'un grand plan incliné à commande électrique, établi dans l'axe de la forme des cuirassés. Pour les parties latérales qui sont dans le rocher compact, les fouilles ont été attaquées en partant des murs extrêmes des formes et en marchant vers le centre. Les déblais sont élevés d'un côté par une grue Caillard, de l'autre par un treuil à vapeur, qui déversent sur les grands wagons.

Pour l'exécution des maçonneries on a procédé de la manière suivante : de chaque côté des pieux anciens on pratiquait le long du massif rocheux une cuvette de 2 *m* de largeur sur une longueur de 4 *m*, jusqu'à la profondeur nécessaire et on y implantait la première maçonnerie. On l'élargissait alors à 4 *m*, et ainsi de suite. Les étaiements dans la partie de droite où la fouille descendait jusqu'à la cote (— 7 *m*) à cause de la profondeur de la vase, se faisaient contre les rangées de pieux situées à 2 *m* l'une de l'autre. On arrachait les pieux intermédiaires à l'aide de chèvres installées sur la tête des pilots encore conservés. Puis on étayait par des madriers provisoires contre ces pilots d'abord, ensuite, contre la maçonnerie en élévation. Enfin, quand celle-ci était parvenue à la cote du radier (— 3,90 *m*), le batardeau était étayé contre le seuil même des écluses.

Dans la partie de gauche où l'on rencontrait le rocher solide sous la vase à la cote (— 5,80 *m*) seulement, et où les pieux avaient une hauteur beaucoup plus faible, on s'appuyait d'un côté sur eux, et de l'autre, sur la paroi rocheuse de la fouille pour terminer ensuite l'étayage comme dans le cas précédent.

Le batardeau préconisé par M. Hallier a ainsi donné tous les résultats qu'il en attendait et permis de mener à bien, sans difficulté, la partie la plus délicate des travaux, c'est-à-dire les fondations des écluses d'entrée. La suite s'exécute maintenant dans des conditions normales.

M. Richou donne ensuite des renseignements puisés aux archives de la Marine, sur les procédés employés au siècle dernier par Ollivier et Choquet son successeur, dans la construction des formes que vont rem-

placer celles qui s'édifient actuellement. Ces procédés fort imparfaits, surtout en ce qui concerne les épuisements qui, en raison de leur insalubrité et de l'insuffisance des engins, ne pouvaient guère être effectués que par des forçats, imposaient une durée considérable pour les travaux éxécutés à la marée, et particulièrement pour le radier.

Ceux-ci terminés, on établissait, comme aujourd'hui, des batardeaux pour travailler à sec par épuisement. Les portes s'installaient par flottage et levage à peu près dans les conditions actuelles. Les travaux des deux formes anciennes avaient exigé une durée de dix années.

Les projets des nouvelles formes de l'anse de Pontaniou ont été dressés par M. Lidy, Ingénieur, sous la direction de M. de Miniac, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Directeur des Services hydrauliques de la Marine.

M. le Président remercie M. Richou de cette communication très intéressante, tant au point de vue des travaux décrits, qu'à celui de l'initiative hardie prise par notre Collègue M. Hallier, chargé de l'exécution de ces travaux.

Il donne alors la parole à M. A. de Gennes pour sa communication sur les *Charbons américains en France.*

M. A. de Gennes examine ce qui a pu rendre possible cette importation : manque en France, trop-plein en Amérique.

Puis il étudie, en particulier, cette dernière cause; montre, par un graphique, le développement rapide des houillères américaines, fait passer sous les yeux de l'Assemblée quelques projections faisant voir les principaux facteurs mécaniques qui les ont aidées dans leur essor, et termine par un aperçu sur les frets et la partie financière de la question.

Cette communication sera insérée *in extenso* au *Bulletin.*

M. le Président remercie M. de Gennes de sa communication et le félicite de nous avoir mis au courant de cette question des charbons américains qui est palpitante; il espère que la Société aura à s'occuper bientôt de celle de la durée des heures de travail dans les mines que M. de Gennes a touchée à la fin de sa communication.

Il est donné lecture, en première présentation, de nouvelles demandes d'admission de MM. G.-P.-S. Agniel, L.-L. Benoist, E. Delamare, A.-A. Gouvion, J.-A. Mazeran, C.-P. Milandre, C.-L. Regnault, E.-P. Sabrou, T.-N. Vidal, comme Membres sociétaires.

MM. A. Bonfort, A.-G. Citroën, L.-Ch.-F. Fort, A.-P. Gouault, A.-G. Hinstin, J. Lopez-Rubio de Palacios, A.-C. Robert et A.-Ch. Thomas sont reçus Membres sociétaires et

M. E. Barbas, Membre associé.

La séance est levée à 10 heures un quart.

Le Secrétaire,
J. Bel.

EXPOSITION INDUSTRIELLE DE DUSSELDORF
EN 1902[1]

PAR

M. Alexandre GOUVY

Si nous venons entretenir la Société des Ingénieurs civils d'une exposition qui n'est pas encore ouverte et ne le sera que dans trois mois, cela tient à ce que lors d'un voyage en Westphalie au mois de septembre dernier, nous avions été frappés par le développement que paraissait devoir prendre cette exposition; de plus nous avons pensé rendre service à nos Collègues, notamment en tant que constructeurs, métallurgistes et mineurs en leur signalant cette manifestation de l'industrie du Rhin et de la Westphalie qui n'était représentée que d'une façon très sommaire en 1900 et qui cependant, malgré le cadre restreint qui avait dû lui être assigné alors, avait déjà appelé sur elle l'attention de tous les Ingénieurs.

L'Exposition de Dusseldorf a été décidée dès 1898 par la réunion de trois grandes associations industrielles, savoir :

a) Le Groupe du N.-O. des sidérurgistes allemands ;

b) L'Association des Ingénieurs métallurgistes allemands ;

c) L'Association pour la sauvegarde des intérêts industriels et agricoles des provinces du Rhin et de Westphalie.

On a choisi la ville de Dusseldorf comme étant celle qui a pris le plus grand développement dans ces dernières années et par suite de sa situation géographique spéciale des plus avantageuses.

Données statistiques.

Il y eut une première Exposition à Dusseldorf en 1880 ; à cette époque la population des provinces du Rhin et de la Westphalie atteignait le chiffre de 5 710 078; au recensement de 1898 ce chiffre était déjà de 7 807 422 et il n'est pas loin aujourd'hui de 9 millions d'habitants.

Quant aux industries de la région on sait que l'extraction du charbon par exemple, a plus que doublé depuis 1880, que l'exploitation des lignites y a pris un grand développement, et qu'enfin c'est dans ce bassin que se trouvent réunis les plus grandes usines métallurgiques et les constructeurs de machines

(1) Voir planche n° 17.

les plus importants de toute l'Allemagne; c'est en réalité une exposition de métallurgie et de mécanique que nous aurons devant nous.

La publication mensuelle illustrée rédigée par les soins du Comité de l'Exposition, fournit sur la population de la région, des indications intéressantes basées sur le recensement de 1895; nous les reproduirons partiellement :

	SUPERFICIES en KILOMÈTRES CARRÉS	NOMBRE TOTAL D'HABITANTS au 14 juin 1895	PROPORTION D'HABITANTS par rapport à l'empire Allemand	PROPORTION D'HABITANTS par kilomètre carré
Province du Rhin. . . .	26 993,70	5 047 951	9,75	187,00
Province de Westphalie .	20 209,24	2 666 319	5,15	131,94
District de Wiesbaden. .	5 617,03	898 682	1,75	159,99
TOTAUX	52 819,97	8 612 952	16,65	163,06
Empire Allemand. . . .	540 657,60	51 770 284	100	95,75

Les villes les plus importantes de la région sont d'autre part:

Villes de plus de 100 000 habitants:

1. Cologne . . . . . 372 229 habitants.
2. Francfort-sur-Mein 288 489 —
3. Dusseldorf . . . . 213 767 —
4. Elberfeld. . . . . 156 937 —
5. Dortmund . . . . 142 418 —
6. Barmen . . . . . 141 947 —
7. Aix-la-Chapelle . . 135 235 —
8. Essen-sur-Ruhr . . 118 863 —
9. Crefeld. . . . . . 106.928 —

Villes de 50 à 100 000 habitants :

1. Duisburg. . . . . 92 700 habitants.
2. Wiesbaden . . . . 86 000 —
3. Bochùm . . . . . 65 500 —
4. Münster . . . . . 64 000 —
5. Altendorf. . . . . 63 000 —
6. Bielefeld . . . . . 63 000 —
7. Remscheid . . . . 58 000 —
8. München-Gladbach 58 000 —
9. Bonn. . . . . . . 51 000 —
10. Hagen. . . . . . 51 000 —

Ces derniers chiffres ont été établis par le recensement du 1er décembre 1900; or, si nous rappelons que dans toute la France nous n'avons que 12 villes (Paris compris) comptant plus de 100 000 habitants et 22 villes de 50 à 100 000 habitants, il ressort de là que la décentralisation est beaucoup plus accentuée en Allemagne, ce que l'on sait du reste depuis longtemps; si l'on tenait compte à ce point de vue de la Bavière, de la Saxe, etc., l'exemple serait plus frappant encore.

La **répartition** de la population **par industries**, permet d'autre part de se rendre compte de l'importance relative de chacune de ces industries dans les provinces Rheno-Westphaliennes en comparaison avec l'empire allemand; en effet pour

1000 habitants sont occupés dans les industries ci-dessous les nombres suivants :

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES	PROVINCE du RHIN	PROVINCE de WESTPHALIE	DISTRICT de WIESBADEN	EMPIRE ALLEMAND
Mines, métallurgie, salines. . .	95,3	184,4	30,0	35,7
Travail des métaux	68,0.	81,5	46,1	41,6
Industries chimiques	8,7	2,8	17,1	5,6
Industries textiles.	75,3	28,6	5,1	36,7

Si nous envisageons maintenant l'industrie du fer et de l'acier, tenant compte de ce que la production de la fonte est celle qui permet de juger le mieux des progrès faits par une région déterminée en ce sens que la fabrication des aciers, produits laminés, etc., varie dans une proportion analogue à celle de cette matière première, nous pouvons constater que cette production a été plus que décuplée depuis cinquante années, et qu'elle a doublé depuis 1880.

Au Congrès minier tenu à Dortmund en septembre 1901, l'Ingénieur des mines, Dr Tübben, a communiqué en effet des chiffres concernant principalement le district de Dortmund et que nous reproduisons partiellement ci-dessous à titre de renseignement ; M. Tübben compare le district considéré à la Prusse seulement, savoir :

ANNÉES	NOMBRE de HAUTS FOURNEAUX	NOMBRE D'OUVRIERS des hauts fourneaux	PRODUCTION DE FONTE du DISTRICT DE DORTMUND		VALEUR MOYENNE de la fonte — Marks par tonne
			totale en tonnes	0/0 de la production totale de la Prusse	
1851	15	1 506	12 314	9,3	78,00
1861	33	4 439	150 913	35,9	80,00
1871	61	4 404	421 130	35,0	81,00
1881	52	5 636	882 546	40,6	61,59
1891	49	6 907	1 492 733	45,4	54,42
1900	69	11 025	2 861 797	50,0	66,45

Il ressort de là que le district de Dortmund produit à lui seul la moitié de la production totale de la Prusse!

Nous avons puisé à la même source quelques chiffres comparés concernant les productions en **charbon**, **minerai** et **fontes** du district de Dortmund, des principaux États et du monde entier pour l'année 1899.

Le tableau ci-dessous indique que le district de Dortmund participe pour 7 1/2 0/0 à l'extraction de charbon du globe, la France n'y participant que pour 4 1/2 0/0; de même pour la fonte, la France et la Russie produisent chacune 6,3 et 6,6 0/0, le district considéré 7 0/0 de la production totale.

Pour le minerai, la proportion n'est plus la même, les usines de Westphalie employant surtout des minerais de Suède, d'Espagne et d'Algérie, ainsi qu'une assez grande quantité de minettes du Luxembourg et de la Lorraine, dont la consommation n'a pu être développée jusqu'à présent, par suite des tarifs qui ont soulevé bien des récriminations et du retard mis à la construction du canal Rhin-Moselle.

DÉSIGNATION DES ÉTATS	PRODUCTIONS EN 1000 t EN 1899			PARTICIPATION 0/0 A LA PRODUCTION DU GLOBE		
	charbon	minerai	fonte	charbon	minerai	fonte
États-Unis d'Amérique . .	234532	25000	13620	32,0	30,0	33,6
Angleterre (Grande-Bretagne). .	223606	14176	9454	30,5	16,8	23,6
Allemagne (Luxembourg compris).	135823	17790	8143	18,8	21,5	20,0
France	32331	4731	2567	4,5	5,7	6,3
Belgique	22072	217	1036	3,3	0,2	2,5
Autriche-Hongrie (estimation).	40000	3400	1500	5,5	4,0	3,6
Russie (estimation)	14000	5000	2707	2,0	5,7	6,6
Espagne.	2742	9234	296	0,4	11,0	0,7
Autres pays divers (estimation)	20894	4252	1287	3,0	5,1	3,1
TOTAUX	726000	83800	40610	100,0	100,0	100,0
District minier de Dortmund.	54641	341	2796	7,5	0,4	7,0

L'étude de chiffres analogues pour les aciers bruts et travaillés fournis par M. Tübben dans son mémoire susmentionné nous entraînerait hors du cadre de cette étude, les chiffres ci-dessus suffisant largement à démontrer le rôle joué par le district minier

de Dortmund, autrement dit, par la région la plus industrielle des provinces du Rhin et de Westphalie représentées à l'Exposition de Dusseldorf, dans la métallurgie du fer. Nous ajouterons seulement que le fer et l'acier sont fabriqués actuellement dans ce district par neuf aciéries comprenant les appareils suivants :

5 cornues Bessemer (acides) de 7,5 *t*;
29 cornues Thomas (basiques) de 5 à 18 *t*;
3 fours Martin à sole acide de 12 à 20 *t*;
54 fours Martin à sole basique de 8 à 25 *t*;
81 fours à puddler pour charges de 50 à 1 000 *kg*.

Il faut y ajouter une dixième aciérie, celle de F. Krupp, à Essen, pour laquelle les données statistiques font défaut; disons toutefois, que les usines Krupp disposent de 15 convertisseurs et de deux ateliers avec fours Martin de diverses contenances.

Dans ces conditions, on peut se rendre compte de l'intérêt que présentera l'Exposition de Dusseldorf pour l'ingénieur métallurgiste aussi bien que pour le constructeur, étant donné que les principaux établissements ont installé des pavillons spéciaux où figureront non seulement les produits des usines, mais aussi une partie des machines servant à leur fabrication.

Emplacement de l'Exposition.

Le terrain sur lequel se trouve l'exposition, admirablement situé sur la rive droite du Rhin et pour ainsi dire dans la ville même, a été **créé** de toutes pièces par la municipalité de Dusseldorf, moyennant une dépense d'environ 4 millions de marks, sur des terrains d'inondations.

Une voie ferrée nouvelle a été construite reliant l'exposition du côté nord, à **Derendorf**, avec le chemin de fer Cologne-Berlin; au sud les voies existantes desservant le port du Rhin ont été prolongées pour le service des constructions.

Les voies spéciales à l'exposition ont coûté environ 130 000 marks et la dépense doit être couverte par des tarifs d'embranchement fixés à 10 marks par wagon de matériaux de construction et à 15 marks pour wagons chargés d'objets à exposer.

Les **tramways** électriques passent en divers points, près des portes d'entrée, notamment le tramway de Crefeld au sud et celui de Duisburg au nord (voir le plan général ci-joint).

Les **travaux de terrassement** aussi bien en amont qu'en aval du pont du Rhin et destinés à créer de nouveaux quais, ont été

exécutés par une Société d'entreprise de Francfort; le remblai a été pris sur la rive gauche du fleuve où il y a peu de surface bâtie; certaines profondeurs atteignant 17 *m* en dessous du niveau moyen des eaux, on a remblayé tout d'abord en matériaux grossiers, par couches de 2 *m* d'épaisseur, sous la protection de digues en pierre de section trapézoïdale; les murs de quai ont été construits sur béton entre caissons. Derrière ces murs on a remblayé sur une largeur de 20 *m* au-dessus du niveau des hautes eaux d'été; la surface ainsi remblayée est de 18 400 m^2 et sera occupée par deux voies de chemin de fer munies chacune d'une grue électrique de 3 000 *kg* et de 13 *m* de portée, et d'une route carrossable. Après cette première plate-forme, on en a établi une seconde surélevée de 3 *m* et, par suite, complètement à l'abri des hautes eaux; cette seconde plate-forme a une largeur de 25 *m*, et sera occupée par une double ligne de tramways et une promenade de 8,60 *m* de largeur; les murs de soutènement sont munis d'ouvertures donnant accès à des magasins destinés à desservir le quai inférieur.

La **surface** totale occupée par l'exposition est de 55 *ha* (en 1880 elle était du tiers) dont environ 10 *ha* seront couverts. Comparant ces chiffres à quelques expositions régionales récentes, ont trouve les surfaces suivantes :

Expositions de :	Surface totale.	Surface couverte.
Lübeck en 1895. . . .	250 000 m^2	31 805 m^2
Berlin en 1896.	1 200 000	74 934
Leipzig en 1897	400 000	57 828
Glasgow en 1901. . . .	290 000	?
Dusseldorf en 1902 . .	550 000	100 000

Considérations financières.

Dès que le projet de l'Exposition de Dusseldorf a été décidé et approuvé en principe, on a constitué un fonds de garantie de 3 millions de marks; des sommes importantes ont été souscrites, en outre, à fonds perdus, notamment :

Marks 100 000 par le Syndicat des houillères de Westphalie.
— 100 000 par la ville de Dusseldorf.
— 100 000 par la province du Rhin.
— 60 000 par la province de Westphalie.

Ces fonds ont été déposés à la banque de la province qui se chargeait de fournir les avances nécessaires au fur et à mesure des travaux.

Le **budget** établi, fin 1900, par le Comité de l'exposition se soldait par **6 700 000** marks, se décomposant comme suit :

	Chapitres.	Recettes.	Dépenses.
	—	—	—
1	Fonds des apports . . . . . Marks.	608 450	124 000
2	Fonds de garantie	147 550	170 000
3	Bâtiment principal de l'Exposition. .	—	1 000 000
4	Palais des machines	—	600 000
5	Exposition des beaux-arts	345 000	1 045 000
6	Pavillons d'agriculture et de jardinage	—	50 000
7	Jardins et entretien	—	80 000
8	Chemins, terrasses, places	—	92 000
9	Voies de chemins de fer	70 000	100 000
10	Restaurants principaux.	100 000	200 000
11	Installations d'eau et de gaz.	3 000	100 000
12	Chaudières à vapeur.	—	50 000
13	Clôtures	15 000	35 000
14	Canalisations	—	30 000
15	Pavillons de musique	—	12 000
16	Constructions accessoires.	—	85 000
17	Aménagement du terrain.	—	10 000
18	Bâtiments d'administration	—	20 000
19	Décoration intérieure des bâtiments.	5 000	80 000
20	Décoration extérieure, drapeaux, etc.	—	50 000
21	Primes d'assurance	80 000	100 000
22	Location d'emplacements aux exposants.	860 000	—
23	Location de restaurants divers. . . .	150 000	—
24	Redevances pour boissons et aliments	450 000	—
25	Primes de vente.	50 000	—
26	Loterie.	1 200 000	900 000
27	Entrées et abonnements	2 300 000	5 000
28	Catalogues et imprimés spéciaux . .	75 000	30 000
29	Frais de publicité, insertions, divers.	—	200 000
30	Journal de l'Exposition jusqu'à l'ouverture.	40 000	45 000
	A reporter . . Marks.	6 499 000	5 213 000

Chapitres.	Recettes.	Dépenses.
Report . . . . Marks.	6 499 000	5 213 000
31 Journal quotidien et hebdomadaire pendant l'Exposition	40 000	—
32 Médailles et diplômes	—	25 000
33 Musique, illuminations, fêtes, sports.	—	200 000
34 Éclairage électrique et force motrice.	150 000	350 000
35 Eau et gaz (consommation d')	5 000	50 000
36 Prix de concours	—	30 000
37 Comité de logements.	1 000	5 000
38 Prix pour Sociétés	—	5 000
39 Frais de bureau et traitements . . .	—	300 000
40 Ports de lettres	—	15 000
41 Location de bureaux.	—	3 500
42 Inventaire	5 000	30 000
43 Salaires et uniformes du personnel .	—	100 000
44 Pompiers, police, service d'hygiène .	—	60 000
45 Direction de l'Exposition	—	70 000
46 Frais de représentation.	—	20 000
47 Intérêts sur capitaux	—	75 000
48 Imprévus.	—	148 500
	6 700 000	6 700 000

Le prix d'entrée a été fixé à 1 mark, en temps normal, avec supplément de mark 0,50 avant dix heures du matin et le soir, après fermeture des halles principales; il y aura des cartes d'abonnement à 20 marks (pour dames, 15 marks seulement).

Expositions métallurgiques et machines correspondantes.

A l'exposition de 1880, l'industrie du fer et de l'acier n'occupait que 3 200 m^2; en 1902, elle occupera 18 500 m^2, pavillons compris.

Nous citerons tout d'abord le **pavillon des usines Fr. Krupp** (n° 27 du plan), de 4 180 m^2, de forme extérieure massive, avec tourelles et meurtrières, et muni d'un mât de combat métallique; on y exposera, notamment, des plaques de blindage, une pièce de côte de 30,5 *cm*, etc.

Les **aciéries de Hœrde** feront voir, dans un pavillon élégant de 1 000 m^2 (n° 29 du plan), les produits de leurs laminoirs, et entre autres une poutre de 500 *mm*, laminée à une longueur de 20 *m*.

La Société des **aciéries de Bochum** exposera ses produits divers en acier coulé et laminé; son pavillon occupe 2 450 m^2 (n° 38 du plan).

Les **usines de Gutehoffnungshütte** (Oberhausen) ont monté un grand pavillon en fer de construction très légère, à vitrages colorés et occupant 3035 m^2 (n° 95 du plan) ; elles exposent les produits de leurs laminoirs et surtout des machines diverses pour usines et mines. C'est dans ce pavillon que se trouve l'exposition des **ateliers de Deutz** construisant les moteurs à gaz système **Otto** et auxquels les usines d'Oberhausen fournissent tous les moulages de fonte et d'acier; un groupe important de gazogènes fournira le gaz aux moteurs à gaz de forces diverses que l'on verra en fonctionnement, et nous devons signaler ici le clou probable de l'exposition métallurgique, consistant en un **moteur Otto de 1 000** *ch* (4 cylindres de 250 *ch* chacun), actionnant directement **deux cylindres soufflants** pour hauts fourneaux ; cette soufflerie, qui fonctionnera à vide, prendra place après l'Exposition aux usines d'Oberhausen, où elle sera alimentée au gaz de hauts fourneaux.

Cette question des machines fonctionnant au gaz de fourneaux est aujourd'hui une des plus importantes au point de vue de l'utilisation de forces énormes perdues, jusqu'à présent, et nous rappellerons ici la communication faite récemment à la Société, par M. J. Deschamps, sur ce sujet tout d'actualité.

Il ne faut donc pas s'étonner de voir la plupart des constructeurs se lancer dans cette nouvelle voie de la construction de moteurs à gaz ; aussi trouvera-t-on encore à l'exposition de Dusseldorf les moteurs Oechelhauser construits par la **Société de Cologne-Bayenthal** (n° 87 du plan), et par la **Société de Siegen** ; ceux de la **maison Klein et Cie**, de Dahlbruch, qui exposera un moteur à gaz actionnant un laminoir à rails (n° 86 du plan); enfin, ceux des **ateliers Louis Soest et Cie**, de Dusseldorf-Reisholz (n° 88 du plan), etc.

Toutes ces expositions trouveront place, soit dans le Palais de l'industrie qui couvre 28 000 m^2, soit dans le Palais des machines (15 000 m^2 environ).

Les **ateliers de Wetter-sur-Ruhr**, qui construisent les souf-

fleries à gaz de hauts fourneaux du système Delamare-Deboutteville-Cockerill, ne seront représentés cependant, paraît-il, que par une simple machine à vapeur pour laminoirs; on sait qu'en France ces moteurs à gaz sont construits par le Creusot, et qu'ils ont figuré à l'Exposition de 1900.

Les **aciériès Phœnix**, de Laar, près Ruhrort, n'ont pas construit de pavillon spécial, mais occuperont 800 m^2 dans le Palais de l'industrie (n° 99 du plan); on connait les rails à gorge pour tramways, fabriqués pour la première fois par ces établissements il y a environ 20 ans.

Nous mentionnerons encore, pour mémoire, les usines bien connues de **Rothe-Erde** (près Aix-la-Chapelle), les **aciéries du Rhin**, à Ruhrort, etc., etc.

La **Société rhénane des métaux** et de construction de machines (dite **Société Ehrhardt**) exposera ses produits spéciaux dans un pavillon de 1 800 m^2 (voir n° 42 du plan); cette Société vient d'inaugurer, récemment, devant une commission du gouvernement, une nouvelle méthode de fabrication de corps creux de grande dimension, notamment des corps de chaudière sans soudure, dans son usine de Reisholz, près Dusseldorf.

Les **aciéries d'Osnabrück** installeront un musée encyclopédique de tous les systèmes de voies de chemins de fer; parmi ces échantillons doit figurer un type de voie de 1793 retrouvé en Angleterre.

La fabrication des **tubes en fer** sera représentée par les cinq usines qui s'en sont fait une spécialité dans la région, savoir :

Laminoirs à tubes et à fers de Dusseldorf;
J. P. Piedbœuf, de Dusseldorf;
Industrie des tubes de Dusseldorf;
Usines Mannesmann;
Aciéries de Duisburg.

Nous ne mentionnerons enfin que pour mémoire un **laminoir universel** actionné par machine à vapeur, les **marteaux-pilons** (Banning, etc.), les machines-outils les plus diverses destinées au travail du fer et de l'acier à chaud et à froid; c'est ainsi que les constructeurs de **machines-outils** sont représentés par **trente** maisons occupant ensemble 4 000 m^2; les constructeurs de **machines à vapeur** sont de même au nombre de trente et la force totale des moteurs exposés atteindra 30 000 *ch* (y compris les machines pour les mines et les autres industries).

Exposition minière.

Tout ce qui a trait à l'exploitation des mines se trouvera réuni dans le pavillon de 6 000 m^2 de « l'Association minière du district de Dortmund » (n° 97 du plan); il y aura là, d'une part, des modèles et dessins concernant l'exploitation des charbonnages de la région; d'autre part les machines et appareils y relatifs.

Si d'un côté nous pensons que le clou de l'exposition métallurgique consistera dans le moteur à gaz de 1 000 *ch* avec soufflerie, de même il est probable, de l'autre, que les Ingénieurs de mines examineront avec le plus grand intérêt le **chevalement en fer** construit par les ateliers Humboldt, de Kalk, près Cologne, une **machine d'extraction** à vapeur de 600 *ch*, et surtout une **machine d'extraction** de disposition nouvelle actionnée **par dynamo** de **1 200 kilowatts.**

Il y aura aussi une énorme machine d'épuisement horizontale de 3 600 *ch* pouvant élever à 500 *m* 25 m^3 d'eau par minute, puis des ventilateurs actionnés par dynamos, des compresseurs d'air, des perforatrices et des haveuses, des installations pour la préparation mécanique des minerais, une turbine Laval de 100 *ch*, etc.

Expositions diverses.

Nous ne mentionnerons ici que les expositions principales, savoir :

Le **matériel de chemins de fer** qui trouvera place dans un pavillon spécial de 3 800 m^2 (n° 148 du plan) et où neuf constructeurs exposeront leurs wagons et locomotives; les ateliers d'Uerdingen ont construit un pavillon spécial (n° 123).

L'exposition collective des **fabricants de béton** (n° 30 du plan), qui se présente sous forme d'amphithéâtre avec cascades, caves servant de buvettes et pont en béton en deux pièces avec joints aux culées et à la clef en forme d'arcs de cercle; le joint à la clef est garni de voussoirs en pierre.

L'emploi de **pierre artificielle** imitant tantôt les monuments antiques, notamment de style égyptien, tantôt les ruines des châteaux du moyen âge; le plus bel exemple de ce genre de travaux est la reproduction du « château de Rudesheim » (n° 112 du plan).

Enfin l'emploi presque général, dans toutes les constructions

éphémères de l'Exposition, du **ciment armé** avec ossature en fil de fer et exécuté par la maison Bosvau et Knauer, de Berlin.

L'**industrie textile**, qui joue un rôle des plus importants dans la région, sera représentée par les principaux fabricants de Crefeld, de Barmen, etc., et par l'Association des filateurs d'Aix-la-Chapelle (pavillon n° 37 du plan); rappelons ici que la ville de Crefeld seule a livré, en 1899, pour 82 millions de marks de soieries dont environ la moitié pour l'exportation.

On retrouvera dans la nomenclature jointe au plan les emplacements des divers pavillons et un certain nombre des expositions non mentionnées dans la note ci-dessus.

Installations de force motrice.

Pour fournir à toutes ces machines la force motrice nécessaire, on installe trois groupes de **chaudières à vapeur** d'une surface de chauffe totale de **4 600 mètres carrés**, savoir :

1er groupe : 15 chaudières, surface de chauffe totale, 3 300 m^2; vapeur à 12 *kg*; deux cheminées de 58 *m* de hauteur et de 2,50 *m* de diamètre intérieur au sommet (n° 89 du plan);

2e groupe : 6 chaudières, surface de chauffe totale, 1 000 m^2; pression de vapeur, 12 *kg*; une cheminée de 50 × 2 *m*;

3e groupe : 3 chaudières, surface de chauffe totale, 300 m^2; vapeur à 8 *kg*; cheminée de 43 × 1,50 *m*; ces chaudières seront chauffées au lignite et desservies par un transporteur Hunt. A signaler l'emploi très développé du chargement automatique du charbon sur les grilles.

L'importance toujours croissante de l'électricité pour tous les travaux ou exploitations minières, métallurgiques et mécaniques, a donné lieu à une installation de 27 dynamos actionnées par 26 machines à vapeur, presque toutes par transmission.

On a prévu pour le transport de force 6 000 *ch* et de même 6 000 *ch* pour l'éclairage, qui comprendra 40 000 lampes à incandescence et 1 000 lampes à arc; on emploiera trois sortes de courants, savoir :

Courant continu de 220 volts, 2 × 115 volts et 2 × 220 volts.
— alternatif de 2 000 et 5 000 volts.
— triphasé de 10 000 volts.

L'éclairage sera appliqué d'une part aux fontaines lumineuses placées en avant de la façade du Palais de l'Industrie et, d'autre

part, au pont-route sur le Rhin et dont l'illumination promet d'être d'un bel effet.

Les **fontaines** comprendront à la partie supérieure un jet central de 20 *m* et deux jets latéraux de 12 *m* ; les eaux s'écouleront par 18 têtes de lion dans le bassin inférieur, qui sera pourvu de 13 jets d'eau de 6 *m*; ces jets d'eau seront susceptibles en marche de quatre changements de forme et de cinq changements de couleur. Dans le bâtiment des pompes (n° 59 du plan) seront placées quatre pompes centrifuges actionnées par des dynamos à nombre de tours variable afin de pouvoir modifier le débit à volonté. Une partie de l'eau est fournie par les conduites d'eau de la ville de Dusseldorf.

Palais des Beaux-Arts.

Nous mentionnerons à part, pour terminer, le Palais des Beaux-Arts, qui est la seule construction en pierre de l'Exposition (n° 32 du plan); il est destiné à la ville de Dusseldorf et aura coûté plus de 1 200 000 marks. Ce palais, de style sobre, occupe 8 000 m^2, la façade a 132 *m* de longueur, la profondeur maxima est de 90 *m* et la hauteur totale de la coupole centrale est de 40 *m*.

Une exposition de peinture et de sculpture s'ouvrira en même temps que l'exposition industrielle dans ce palais le 1er mai prochain. La clôture de l'Exposition de Dusseldorf est fixée au 20 octobre 1902 et, pendant toute sa durée, de nombreux congrès auront lieu; des invitations **officielles** à ces congrès ne seront pas lancées, mais les Sociétés d'Ingénieurs ou leurs représentants sont assurés d'avance d'une réception des plus cordiales de la part des organisateurs.

NOMENCLATURE

DES

BATIMENTS DE L'EXPOSITION DE DUSSELDORF 1902

(Les numéros correspondent à ceux du plan général. — Pl. 17.)

1. Société d'éclairage Washington (Elberfeld).
2. Serre chaude Jos. Hesseler (Cologne).
2a. — — Rubruck (Cologne).
3. Machines agricoles de Jos. Meys et Cie (Honnef-sur-Sieg).
4. Étoffes imperméables Dr de Weldige et Wanders (Bonn).
5. Carrelages en céramique de Lamberty, Servais et Cie (Ehrang, près Trèves).
6. Société des briqueteries et argiles de Dusseldorf.
7. Céramique et verreries de Villeroy et Boch (Mettlach).
8. Carrelages en céramique de Wessels et Cie (Bonn).
9. Fabrique de machines Scheben et Krudewig (Honnef-sur-Sieg).
10. Meubles en fer de L. et C. Arnold (Kempen).
11. Étoffes imperméables de Rommel, Weiss et Cie (Mühlheim-sur-Rhin).
12. Verreries et glaceries de Schalke (Schalke-Westphalie).
13. Société de gaz et d'électricité de Cologne.
14. Eaux gazeuses de John Kierdorf (Dusseldorf).
15. Usine d'Isselburg-sur-Bas-Rhin.
16. Restaurant-boulangerie Alef (Dusseldorf).
17. Fabr. de poêles Küpperbusch et fils (Schalke).
18. Produits de chasse.
18a. Comptoir de bois Menzel (Dusseldorf).
19. Panorama (Passage du Rhin par Blücher, près Caub).
19a. Restaurant et brasserie du panorama.
20 et 21. Société de construction de baraquements, système Brümmer (Cologne).
22 à 25. Société de constructions d'utilité générale de Remscheid (Maisons ouvrières).
26. Maison ouvrière F. Krupp (Essen).
27. Pavillon des aciéries F. Krupp (Essen).
28. Poudreries réunies de Cologne-Rottweil (Cologne).
29. Usines de Hœrde (hauts fourneaux, aciéries, laminoirs).
30. Association des fabricants de béton (Biebrach-sur-Rhin).
30a. Restaurant de la Société des bétons.
31. Restaurant du Palais des beaux-arts.
32. Palais des beaux-arts.
32a. Cantine de l'Exposition.
32b. Service des emballages de l'Exposition des Beaux-Arts.
32c. — expéditions de l'Exposition des Beaux-Arts.
33. Ateliers Aug. Kloenne, constructions métalliques (Dortmund).
34 à 36. Société des Zingueries de Siegen (Geisweid).
37. Association des Filateurs du Rhin (Aix-la-Chapelle).
38. Société de Bochum pour mines et aciers fondus (Bochum).
39. Brasserie Gust. Holtschmit (Dusseldorf).
40. Ateliers de constructions Humboldt (Kalk, près Cologne).
41. Halle d'exposition n° III (supplémentaire).
42. Société des métaux et de construction de machines du Rhin (Dusseldorf-Derendorf).
43. Schœnwasser frères, fabricants de cigares (Dusseldorf).
44. Brasserie de Dortmund.
45. Tuiles et céramique de Christinenburg-Lintorf.
46. Chaudières tubulaires Steinmueller (Gummersbach).
47. Laminoirs et zinguerie de Creuzthal en Westphalie.
48. Chaudières tubulaires Dürr et Cie (Dusseldorf-Ratingen).

49. Zinguerie de Mühlheim H. Geuer et Cie (Mühlheim-sur-Ruhr).
50. Chambre syndicale des métiers de Dusseldorf.
50a. Restaurant.
51. Joh. Klein, viticulteur (Johannisberg).
52. Laiterie G. H. vom Stein et Cie (Dusseldorf).
53. Ateliers de construction et fonderies de Borbeck (Berge-Borbeck).
54. Aciéries et laminoirs de Duisburg.
55. Ateliers de construction Reuling frères (Mannheim).
56. — — G. Schiele et Cie (Francfort-Bockenheim).
57. Halle des fêtes.
58. Brasserie A. Bodden (Duisburg).
59. Bâtiment des pompes sur le Rhin.
60. Café de Malt de la Société Kathrein (Münich).
61. Champagnes Hoehl frères (Geisenheim).
62. Carrières de basaltes de Westerwald (Eiserfeld).
63. J. Hütwohl, viticulteur (Steeg, près Bacharach).
64. Champagnes Fuchs et Werum (Hochheim-sur-Mein).
65. Eaux gazeuses J. Kierdorf (Dusseldorf).
66. Fruiterie Fr. Boehner (Dusseldorf).
67. Usines métallurgiques de Siegen-Lorraine (Siegen).
68. J. Kathe (asbestes et lièges), de Cologne-Deutz.
69. Laminoirs à zinc d'Oberhausen.
70. Eaux minérales de Roisdorf, W. Custor.
71. C. Flies, fabricant de cigares (Dusseldorf).
72. Fruiterie Jac. Klees (Dusseldorf).
73. Usines métallurgiques Buderus (Wetzlar).
74. Produits réfractaires et fours à coke Otto et Cie (Dahlhausen-sur-Ruhr).
75. Maison ouvrière des usines de Gelsenkirchen.
76. Société minière et métallurgique du Rhin (Duisburg-Hochfeld).
77. Ateliers de construction de machines Schœfer et Laugen (Crefeld).
78. Ustensiles en étain J. P. Kayser fils (Crefeld).
79. Société générale de thermite (Essen).
80. Eaux gazeuses J. Kierdorf (Dusseldorf).
81. Société minière Hibernia (Herne) et Gœhmann-Einhorn (Dortmund).
82. Usines d'électricité W. Lahmeyer et Cie (Francfort-sur-Mein).
83. Palais des machines.
83a. Restaurant du Palais des machines.
84. Marteaux-pilons, système Banning (Hamm).
85. Industrie des lignites et transporteurs Pohlig (Cologne).
85a. Société de l'air comprimé d'Offenbach.
86. Ateliers de Constructions mécaniques Klein frères (Dahlbruch) et Société Œchelhaeuser (Siegen).
87. Ateliers de Constructions mécaniques de Cologne-Bayenthal.
88. Gazogènes et moteurs Louis Soest et Cie (Dusseldorf-Reisholz).
89. Chaudières à vapeur.
90. Condenseurs Balcke et Cie (Bochum).
91 et 91a. Refroidisseurs pour eaux de condensation, etc.
92. Évaporateurs E. Schultgen pour cellulose (Iserlohn).
93. Machines à blanchir à la vapeur Schmidt et Schmitz (Cologne).
94. Remise des wagons du Chemin de fer circulaire électrique.
95. Pavillon de la Société Gutehoffnungshütte (Oberhausen) et Moteurs Otto (Deutz).
96. Société des Accumulateurs de Hagen.
97. Association minière du district de Dortmund (Essen).
98. Usine d'Isselburg et poste des pompes à incendie.
99. Palais de l'industrie (Halle d'exposition n° I).

100. Halle d'exposition nº IV. (Supplémentaire.)
101. Panorama alpin de Boswau et Knauer (Berlin).
102. Halle d'exposition nº II. (Supplémentaire.)
103. Cigares Neumann (Berlin).
104. Usines d'asbeste de Francfort (Niederrad près Francfort-sur-Mein).
105. Société de céramique d'Œynhausen.
106. Matériaux de construction A. Siebel (Dusseldorf-Rath).
107. Plaques de revêtement Buckendahl et Cie (Œynhausen).
108. Brasserie Fürstenberg (Donaueschingen).
109. Confiseries C. Weitz (Dusseldorf) et A. Wiese et fils (Cologne).
110. Restaurant C. Figge (Barmen).
111. Eaux minérales de Rhens-sur-Rhin.
112. Ruines du château de Ruedesheim (viticulteurs).
113. Distillerie H.-W. Schlichte (Steinhagen).
114. Eaux gazeuses J. Kierdorf (Dusseldorf).
115. Distilleries Erven-Lucas-Bols (Berlin-Amsterdam).
116. Restaurant principal des vins.
117. Fr. Busch, coiffeur (Dusseldorf).
118. Matériaux de construction C. P. Schunk (Mühlheim-sur-Rhin).
119. Champagnes Aug. Uflerbaeumer (Herford).
120. Vins mousseux et cidres Kurt Rauter (Cologne).
121. Restaurant J. Munker (Dusseldorf).
122. Village oriental et arabe.
123. Ateliers de constructions de wagons d'Uerdingen.
124. Bureau de renseignements officiel de Hugo Stangen.
125. Fonderies et ateliers de Borbeck (Borbeck).
126. Bâtiment des voyageurs du Chemin de fer de l'Exposition à Derendorf.
127. Société de constructions Tillmann (Remscheid).
128. Société allemande de Chemin de fer Nord-Brabant (Gennep).
129. Matériel de transport H. Koettgen et Cie (B. Gladbach).
130. Ateliers de constructions J. Chr. Braun (section de Dortmund).
131. Société internationale de sondages (Erkelenz).
132. Ateliers de constructions W. Fredenhagen (Offenbach).
133. Maison du Vieux-Trèves (vins de Moselle).
134. Cafés grillés Ernst Boersken (Dusseldorf).
135. Cafés grillés H. Jurgens (Dusseldorf).
136. Fonderies van Gülpen, Lensing et von Gimborn d'Emmerich.
137. Restaurant automatique Pelzer et Cie (Cologne).
138. Cigares Samuel (Dusseldorf).
139. Photographie Noy et Zensen (Müngsten).
140. Installations hydrauliques de l'Allemagne du Sud (Francfort-sur-Mein).
141. Société des briqueteries de Neuwied.
142. Ateliers de construction de Benrath.
143. Poste de secours.
144. Cantine de l'exposition.
145. Construction de signaux Willmann et Cie (Dortmund).
146. Ateliers de construction J. Losenhausen (Dusseldorf-Grafenberg).
147. Directions des Chemins de fer royaux de Cologne, Elberfeld et Essen.
148. Sociétés réunies de construction de wagons et de locomotives (Dusseldorf).
149. Porteurs aériens J. Pohlig (Cologne).
149a. Peters, négociant en bois (Dusseldorf).
150. Société minière et métallurgique de George-Marie (Osnabrück).
150a. Matériel de Chemins de fer Arthur Koppel (section de Bochum).
151-152. Jeux et spectacles nautiques, tir, ballon captif, rivière souterraine, restaurant, etc.

LES
CHARRUES D'AFRIQUE

PAR

M. H. CHEVALIER

La note sur les charrues d'Afrique que je vous soumets aujourd'hui fera partie d'une étude d'ensemble sur l'histoire de la charrue dans le monde; elle ne comprend que l'Afrique du Nord qui seule fournit des documents intéressants.

Le labourage en Égypte se fait actuellement à peu près de la même façon que du temps d'Hérodote. L'Égyptien sème en octobre aussitôt après la retraite des eaux du Nil; si la terre a été inondée, il se contente de lancer son grain à la volée sur le limon et de faire piétiner par des bœufs ou des moutons pour enterrer la semence. Si, au contraire, la terre est sèche, une charrue légère suffit pour la préparer, et après les semailles un second labour recouvre le grain. Le travail est facile. Les peintures anciennes montrent les serviteurs travaillant simplement la terre à la houe *(fig. 1, 2 et 3)*.

La houe égyptienne est formée de deux pièces de bois assemblées à l'une de leurs extrémités; le manche est court (0,50 *m*) et le bec long (0,70 *m*); ce dernier est tantôt rond et effilé comme dans la figure 1 (peinture de Béni-Hassan) (xxve siècle) ou plat et élargi en spatule *(fig. 2 et 3)* (musée du Louvre). Le bec est fixé au manche soit par des liens, soit par tenon et mortaise. Afin déviter les ébranlements qui se produisent dans le travail, la rigidité des deux pièces est assurée par des cordes ou par une traverse en bois. Cet instrument est fort ancien, car il entre comme un caractère hiéroglyphique dans la formation de tous les termes qui désignent le travail de la terre.

C'est de la houe égyptienne que vient directement le Doncotan des Mandingues du Sénégal *(fig. 4)*. Le manche est une branche de fourche et le bec très large est armé d'un fer en forme de croissant.

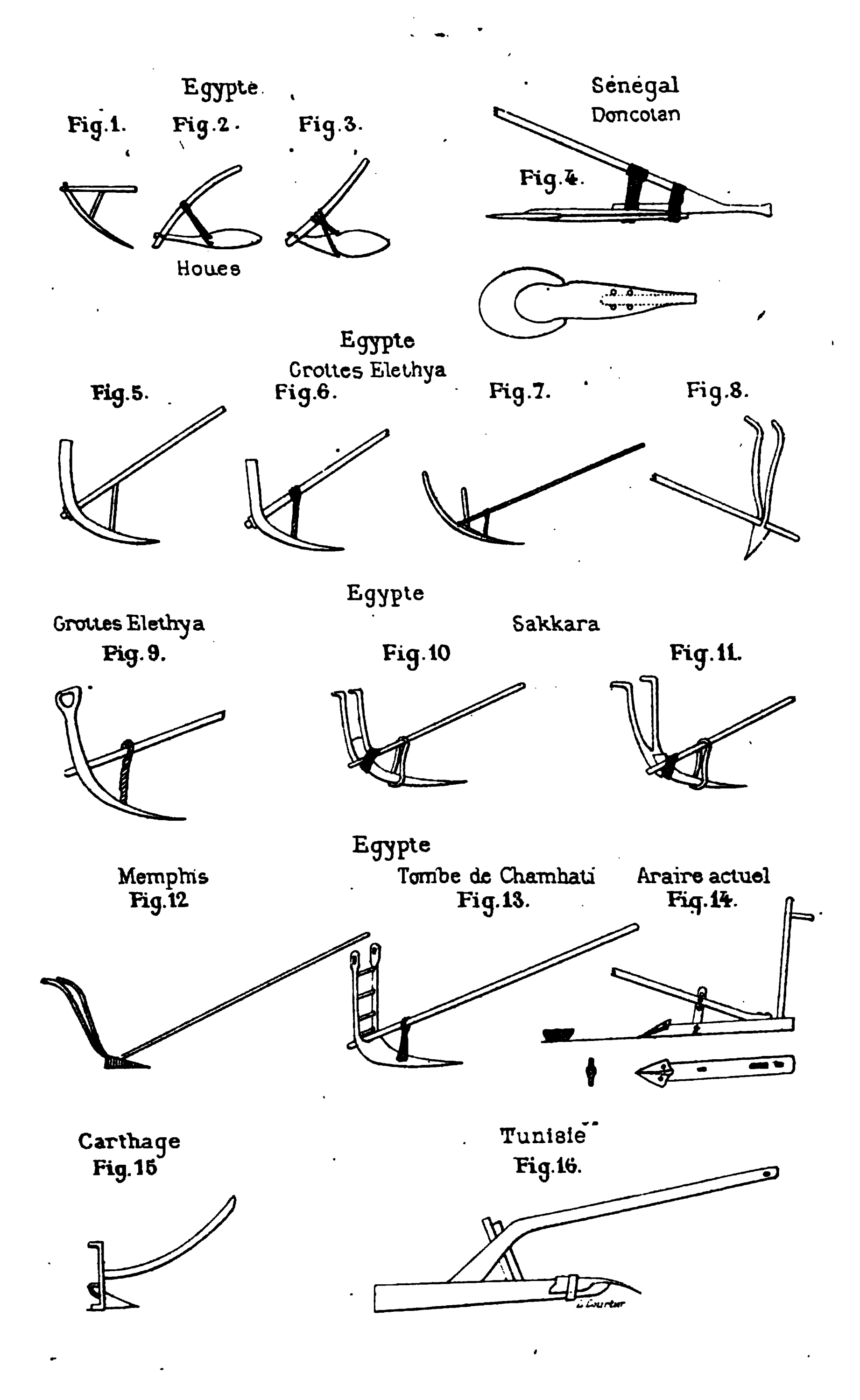
La charrue, en égyptien *habou*, c'est la houe dont on a étiré le manche jusqu'à 3 *m* de longueur *(fig. 5 et 6)*; la traverse de bois où la corde est restée en place et sert d'étançon, tandis que le bec s'est relevé en arrière pour permettre au laboureur d'assurer la direction et l'entrure. Le sol étant mou, le bec devenu le soc de la charrue n'a pas besoin d'être garni de métal, le travail n'est pas pénible, et sur les bas-reliefs d'Eléthya une charrue est représentée tirée par trois hommes au moyen d'une corde qui remplace le timon *(fig. 7)*, un serviteur appuie sur un mancheron placé en avant pour forcer l'entrure, tandis que derrière lui un autre dirige la charrue et tient le sac portant les semences. Dans les terres plus dures ou moins humides, on employait les bœufs et les vaches; alors les mancherons sont indispensables.

La charrue *(fig. 8)* (Eléthya) (XVIIe siècle) est formée d'un rameau fourchu dont le tronc taillé en pointe sert de soc et les deux branches de mancherons; la flèche passe dans la fourche où elle est assujétie.

La figure 9 n'a qu'un seul mancheron et une flèche reliée au soc par des liens tordus. Rosselini a donné la description des charrues représentées dans les tombes de Sakkara et datant de l'ancien empire (XXXe siècle). Ces instruments *(fig. 10 et 11)* sont formés d'un soc pointu et légèrement recourbé, assemblé à une branche fourchue ou à deux pièces séparées formant mancherons; le timon est réuni au soc par des liens. Le bois employé est un bois très dur : *le sont*. Le joug était attaché au front de la bête et ne reposait pas sur le cou; enfin le conducteur de l'attelage ne piquait pas les animaux, mais les frappait avec un bâton.

Les charrons ne firent pas toujours les socs d'une seule pièce; plusieurs sont en deux parties reliées par des lanières de cuir probablement. La figure 12 est tirée des peintures de la nécropole de Memphis et ne présente rien de particulier; au contraire, la charrue *(fig. 13)* est assez originale et peut être rapprochée de la figure 9. Elle est tirée de la tombe de Chamhati, intendant des domaines royaux sous la XVIIIe dynastie (XVIIe siècle).

Aujourd'hui les fellahs ont abandonné les formes cintrées pour n'employer que des pièces droites et, quoique ce modèle *(fig. 14)* soit encore bien primitif, il présente deux grands progrès : l'étançon est percé de trous pour le réglage et le soc est muni d'un fer dont la section médiane renforcée rejette les terres à droite

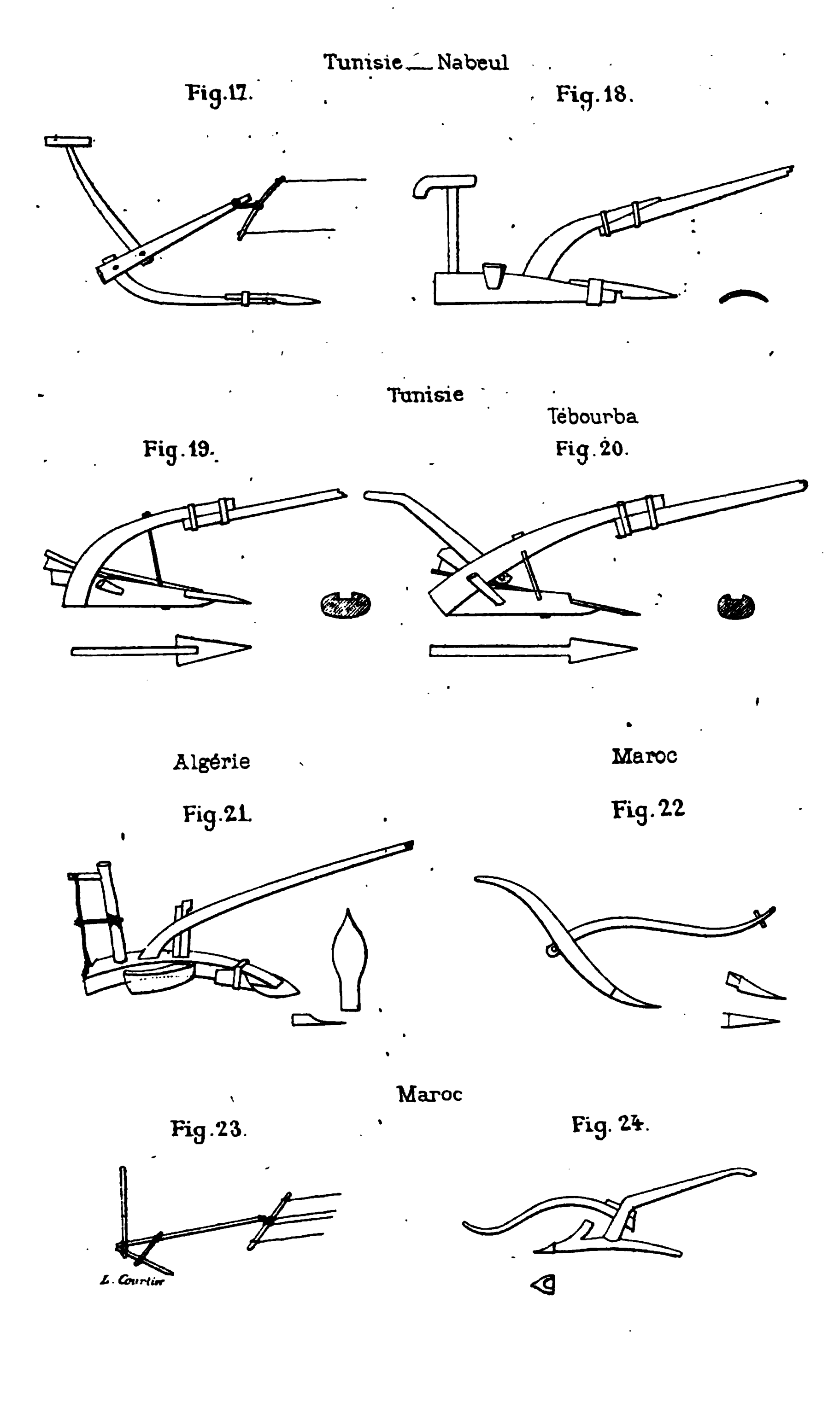

Egypte
Fig.1.
Fig.2.
Fig.3.
Houes
Sénégal
Doncotan
Fig.4.
Egypte
Grottes Elethya
Fig.5.
Fig.6.
Fig.7.
Fig.8.
Egypte
Grottes Elethya
Fig.9.
Fig.10
Sakkara
Fig.11.
Egypte
Memphis
Fig.12
Tombe de Chamhati
Fig.13.
Araire actuel
Fig.14.
Carthage
Fig.15
Tunisie
Fig.16.

et à gauche du sillon. Les chameaux remplacent les vaches pour le labourage; une longue perche placée sur leur cou sert de joug; au milieu est fixé l'age de la charrue.

Nous pourrons peut-être retrouver un jour chez les Carthaginois les origines des charrues actuelles de Tunisie. Malheureusement, les monuments qui sont parvenus jusqu'à nous ne sont pas en assez bon état pour pouvoir reconstituer la charrue ancienne. Une stèle votive du temple de Tanit publiée par M. Ph. Berger représente un type *(fig. 15)*, avec poignée et versoir que nous ne retrouvons plus dans la figure 16 araire actuel qui figurait dans la section tunisienne de l'Exposition de 1900, la forme de la suivante *(fig. 17)* paraît inspirée de la houe égyptienne à laquelle on aurait ajouté un mancheron indispensable pour assurer la stabilité d'un semblable appareil, d'autant plus que la traction se fait par l'intermédiaire d'un palonnier. Le modèle de Nabeul *(fig. 18)* est intéressant par l'addition d'oreilles pour écarter et diviser la terre et aussi par son age en deux parties, l'age proprement dit et la flèche. Le fer, comme dans les types précédents, est en fer de lance légèrement bombé à sa partie supérieure et maintenu sur le soc par un étrier. Si dans la figure 19 la poignée est supprimée, en revanche le fer, au lieu d'être fixe, peut se régler au moyen de coins placés à l'arrière; à cet effet le fer de forme triangulaire est muni d'une longue soie, qui s'encastre dans la rainure du sep et traverse une mortaise pratiquée dans l'age; l'étançon est constitué par un grand boulon reliant l'age et le sep. Le modèle de Tebourba *(fig. 20)* comporte un perfectionnement sensible : c'est un manche dont on peut faire varier l'inclinaison grâce à une série de coins.

La plupart de ces types sont aussi en usage en Algérie; il est donc inutile de parler de ceux qui ne présentent pas de différences notables avec les précédents. L'exposition algérienne avait un modèle fort curieux *(fig. 21)* : le soc en fer de lance est replié pour embrasser le sep sur trois faces et retenu au-dessous par un étrier; une pièce de bois grossièrement arrondie est fixée à droite du sep pour élargir le sillon; la poignée est assujétie dans un manche vertical et raidie par une corde tordue.

La collection importante de charrues, réunie par le docteur Rau à l'École d'Agriculture de Hohenheim (Wurtemberg), contient une charrue marocaine *(fig. 22)* en forme de pioche ou de houe égyptienne, attelée par le manche; on a allongé le bec en arrière pour assurer la direction et la stabilité. Un fer plat enve-


Tunisie _ Nabeul
Fig. 17.
Fig. 18.
Tunisie
Tébourba
Fig. 19.
Fig. 20.
Algérie
Fig. 21.
Maroc
Fig. 22
Maroc
Fig. 23.
Fig. 24.
L. Courtier

loppe le dessus et les côtés du soc. Dans son voyage au Maroc, M. de Amicis a rencontré un laboureur dont la charrue *(fig. 23)* était simplement formée de pièces assemblées par des courroies; son attelage se composait d'un âne et d'une chèvre attelés côte à côte. Une forme plus élégante *(fig. 24)* est donnée par M. Grandvoinnet : le timon a une courbure que l'on voit souvent en Asie et le fer s'emboîte à l'extrémité d'un sep qui se relève pour former un rudimentaire versoir.

Voilà, messieurs, les débuts des constructeurs de machines agricoles en Afrique. J'espère qu'un de nos Collègues plus autorisé que moi viendra un jour nous exposer les rapides progrès de cette industrie depuis une quinzaine d'années.

LES

CHARBONS AMÉRICAINS EN FRANCE

PAR

M. A. de GENNES.

Exposé.

Comment se fait-il que les charbons américains puissent arriver en France ? A cette question il y a une double réponse : manque en France, trop-plein en Amérique.

Nous ne nous étendrons pas sur la première ; il nous suffira de rappeler que la France importe 14 millions de tonnes pris en Angleterre, en Belgique et en Allemagne.

Quant à la seconde, nous allons l'examiner en détail.

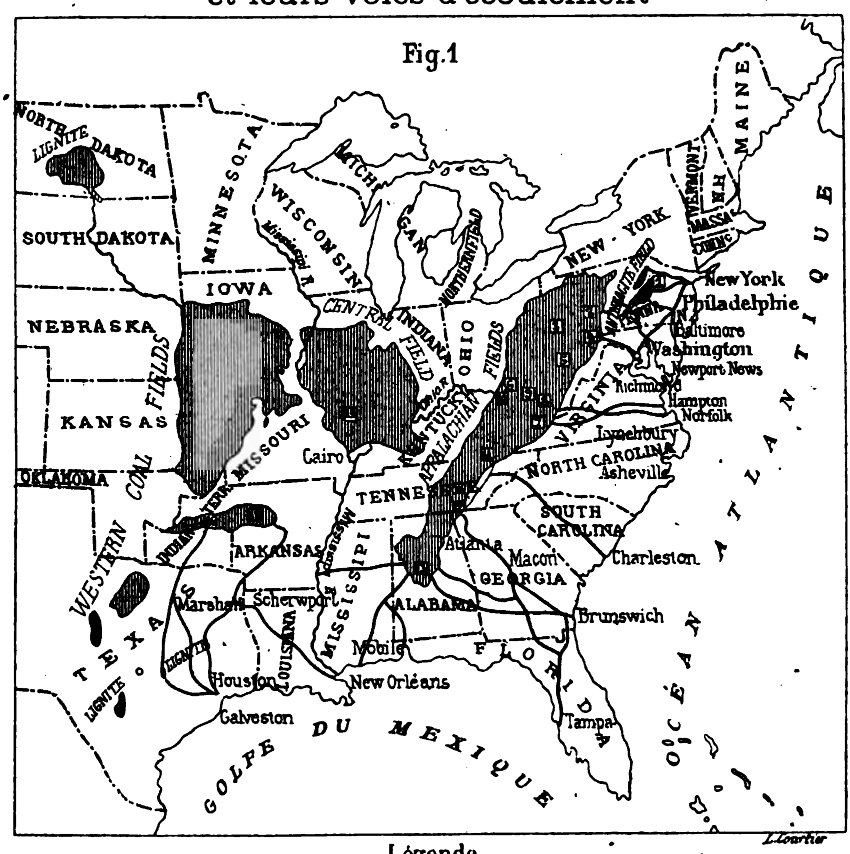
Situation géographique.

Si nous examinons la situation géographique des bassins houillers des États-Unis nous voyons qu'ils sont placés à l'Ouest, à peu de distance de l'Océan Atlantique qui va au-devant d'eux, pour ainsi dire, par des golfes s'avançant profondément dans les terres, et continués par de puissantes rivières navigables pour les gros navires (*fig. 1*). Pour les portions des bassins qui sont le moins favorisées pour le transport maritime, la distance à parcourir par voie de terre n'est pas bien grande. En résumé, les États-Unis sont très bien situés pour toute exportation par mer sur l'Océan Atlantique.

Rapidité de développement.

La production houillère des États-Unis s'est développée, en vingt ans, d'une manière extraordinaire (voir graphique de production). Ce pays, qui produisait, en 1880, 63 millions de tonnes courtes (906 *kg*) de charbon, a produit en 1900, dernière statistique, 275 millions de tonnes. On l'évalue pour 1901 à 300 millions de tonnes. En vingt ans, elle a donc augmenté de plus de

BASSINS HOUILLERS DES ÉTATS-UNIS
et leurs voies d'écoulement



Légende

1 Bassins anthracifères de Pennsylvanie.
2 Bassin houiller oriental de Pennsylvanie y compris le bassin de Clearfield.
3 Bassin houiller occidental de Pennsylvanie (Comtés d'Alleghany et de Washington).
4 Bassins houillers de George Creek (Maryland) et d'Elk Garden et du Potomac supérieur (Virginie occidentale).
5 Bassin houiller de Fairmont (Ohio).
6 Bassins houillers d'Hocking Valley et de Jackson (Ohio)
7 Bassin houiller de Pocahontas (Comtés de Tazewell en Virginie et de Mc Dowell et Mercer dans la Virginie occidentale).
—.—.—.— Limites d'Etat.

8 Bassin houiller de New River dans la Virginie occidentale.
9 Bassin houiller de Kanawha River dans la Virginie occidentale.
10 Bassin bouiller de la partie orientale Nord du Kentucky.
11 Bassins houillers des Comtés de Bell, Knox et Whitley dans le Kentucky et d'Anderson, Campbell et Claiborne dans le Tennessee.
12 Bassin houiller de Chattanooga dans le Tennessee.
13 Bassin houiller de l'Alabama.
14 Bassin houiller de l'Illinois.
15 Bassin houiller de l'Arkansas.
16 Bassin houiller du Territoire Indien.
———— Chemins de fer et fleuves.

(D'après le Comité Central des Houillères. — Circulaires.)

quatre fois et demie *(fig. 2)*. Comme exemple de détail expliquant cette intensité de développement, nous citerons le cas particulier de la mine Eureka qui, tout récemment, deux ans et demi après le commencement de l'exploitation, marchait sur le pied d'une

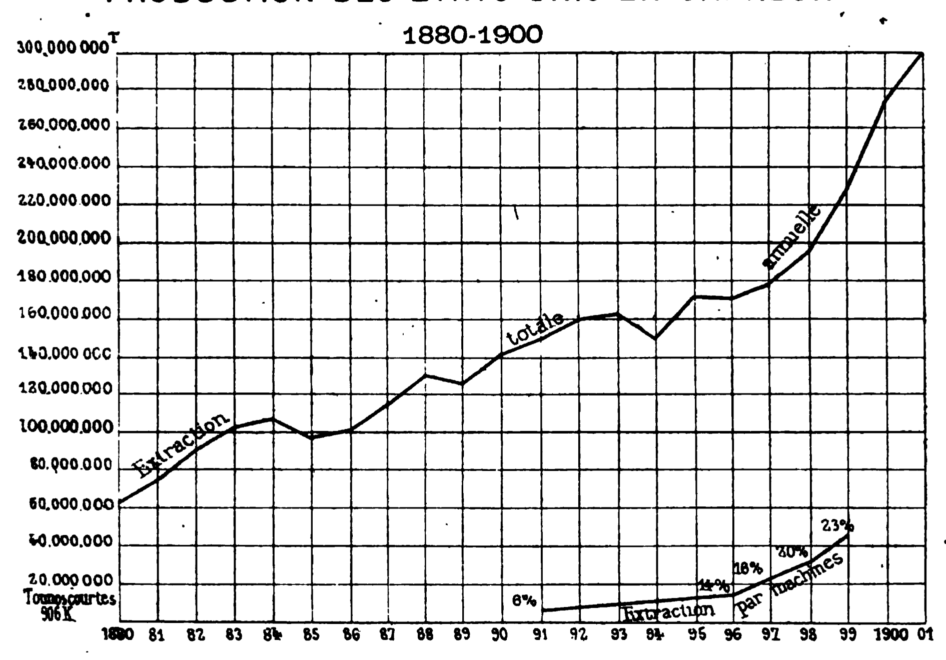


Fig. 2

extraction annuelle de 3 millions de tonnes, et cet exemple, bien qu'étant le plus remarquable, est suivi de près par de nombreux autres.

Causes du développement.

En premier lieu, comme dans toute exploitation houillère, nous trouvons que le facteur main-d'œuvre est de beaucoup le plus important. La main-d'œuvre américaine, bien moins habile que la main-d'œuvre des vieux ouvriers du continent, est, par une influence de milieu qui équivaut à un véritable entraînement, beaucoup plus énergique. L'ouvrier américain, quand il n'est pas limité dans son action par un syndicat qui lui interdit de dépasser une certaine quantité de travail, a un rendement

notablement plus élevé que l'ouvrier français; même dans le cas cité plus haut, il préfère toujours, à quantité de travail égale, avoir terminé plus vite sa besogne. Et ce n'est pas notre opinion personnelle que nous donnons ici, mais celle de nombreux directeurs et ingénieurs américains, et tout particulièrement celle d'un d'entre eux qui a établi en France des ateliers et qui nous disait avoir été obligé de compter 40 0/0 de perte sur la main-d'œuvre de l'ouvrier français par rapport à son collègue américain.

En second lieu, nous trouvons aux États-Unis que la main-d'œuvre, très élevée comme prix, a incité les exploitants à développer le plus possible l'emploi de la mécanique dans la mine et faire ainsi, avec un nombre d'ouvriers restreint, une production beaucoup plus élevée.

Le premier emploi de la mécanique a été fait très largement dans les sondages qui ont donné lieu à la découverte de gisements houillers. Des appareils légers, facilement transportables, rapides comme travail, ont permis de reconnaître en un temps très court de nombreux bassins. Pour donner une simple idée de ces appareils, dont l'examen ne rentre pas dans le cadre de cette étude, nous montrerons (1) une sondeuse au diamant, montée sur roues, qui fait un trou de 300 *m* (il en est qui vont jusqu'à 1 800 *m*) à raison de 10 à 15 *m* par jour dans le terrain houiller, et dont la mise en place, ainsi que celle de la chaudière sur roues qui l'alimente et du chevalet qui sert à manœuvrer les tiges de sondage, ne prend que quelques heures. Le sondage terminé, on la démonte aussi rapidement, on attelle, et quelques heures après un nouveau sondage est commencé.

Une fois le gisement reconnu très exactement, on procède à son exploitation, encore le plus possible au moyen de machines. Nous donnons dans le graphique déjà cité la courbe de développement de la production par machine et qui est d'autant plus énorme (passée depuis 1891 de 6 0/0 à 23 0/0 du produit total) que son emploi est circonscrit à la Pennsylvanie de l'Ouest, l'Illinois, l'Ohio, et une partie seulement de la Virginie de l'Ouest. Dans la Pennsylvanie de l'Est les charbons anthraciteux ne se prêtent pas jusqu'à présent à l'exploitation par machine, et dans les autres bassins la main-d'œuvre moins élevée pousse moins les exploitants à faire usage de machines.

(1) Il n'a pas été possible de reproduire ici les projections montrées à la conférence.

Les traçages sont faits au moyen des rouilleuses qui font de 12 à 20 *m* par jour. Ensuite vient le travail de la haveuse qui aide l'ouvrier à préparer l'abatage de la houille. Dans les terrains à toit médiocre, nécessitant du boisage, c'est la haveuse à pic, à air comprimé, qui fait, en huit heures, un havage de 1,50 *m* de profondeur sur un front de taille d'une trentaine de mètres, et permettant, par conséquent, dans une veine de 1,50 *m* ou 2 *m* de puissance, avec deux ouvriers, d'abattre une quantité de charbon de 80 à 100 *t* par jour. Dans les veines à toit excellent, qui sont fréquentes en Amérique, ce sont les haveuses à chaînes électriques, dont les plus perfectionnées font, toujours avec deux ouvriers, le triple de travail. L'abatage du charbon est tellement intensif que l'on a bientôt été obligé d'inventer des chargeuses pour suppléer à la main de l'homme devenue insuffisante.

Une fois le charbon abattu et chargé, des locomotives électriques, dont la puissance est de 10 à 50 *ch* (on en a même fait de 150 *ch*), emportent les berlines par trains qui font jusqu'à 100 *t* avec des vitesses de 20 à 30 *km* à l'heure. Ces trains arrivent à des gares de culbutage où chaque wagon est pris successivement par un appareil qui le décharge sans choc et va se placer ensuite tout seul sur la voie des vides, et est prêt à rentrer dans la mine. Un seul homme peut ainsi culbuter 4000 *t* de charbon en dix heures.

Une fois que le charbon a traversé le triage, et nous devons dire que cette opération est peu soignée en Amérique, il est versé, soit directement en wagons, soit plus couramment en tas. Des systèmes intensifs de chargement et déchargement en tas sont en usage. Nous en citerons un qui fait des tas de 50 000 *t* chaque en versant toujours le charbon au sommet des tas et en le reprenant par la base. Une installation complète pour dix tas (500 000 *t*) coûterait d'installation près de 2 millions, mais elle permet de faire le chargement et le déchargement par jour de 9.000 *t* avec un prix de revient moyen de 0,236 *f*.

Le charbon repris au tas est chargé dans des wagons en acier contenant 50 *t*. Le rapport du poids utile au poids total est de 75 0/0, et la rapidité de manutention est grandement augmentée, car ces wagons se déchargent automatiquement par le fond. Nous pouvons dire en passant que le charbon revient sur wagon à 4,99 *f* en Pennsylvanie, et 4,20 *f* en Virginie.

On amène ainsi à des quais de chargement, tel que l'exemple que nous mettons sous vos yeux, et où un bateau de 5 à 6 000 *t*

peut être chargé en vingt-quatre heures. Quand le bateau n'a pu venir à quai lui-même, on charge des allèges contenant 1 000 *t* qui transportent leur chargement dans le bateau dès son arrivée avec une vitesse de 125 à 135 *t* à l'heure, le charbon étant pesé automatiquement au fur et à mesure de son chargement. Ces moyens de chargement et déchargement rapide ont un avantage considérable. Si un navire valant 2 550 000 *f*, a comme fret 2 500 *f* par jour, et qu'il fasse douze voyages d'Amérique en Europe et retour, il se trouve vingt-quatre fois au port. Si grâce au chargement et déchargement rapides, il gagne un jour chaque fois, ses dépenses se trouvent ainsi réduites de 60 000 *f* par an, et son gain s'augmente, en outre, d'un voyage, soit 1/12 ou 8 0/0 de ses bénéfices.

On voit par cet exemple l'influence considérable de l'économie du temps. Gagner du temps est la préoccupation constante de l'industrie américaine, et malheureusement, ce point de vue échappe la plupart du temps en France. Nous ne saurions trop attirer l'attention de nos Collègues là-dessus, en les engageant à donner au facteur « Temps » un coefficient moral énorme.

Conditions favorables aux charbons américains.

La grande extraction et le faible prix de revient que nous avons énoncés plus haut sont des avantages marqués pour l'exportation des États-Unis en France, surtout en tenant compte de la production insuffisante de notre pays. On le comprendra d'autant mieux que nous rappellerons qu'il a été envoyé du charbon des houillères américaines en Angleterre. Ce dernier fait, qui a eu, il y a environ deux ans, un certain retentissement (car importer de la houille en Angleterre semble jeter de l'eau à la rivière), a une explication assez curieuse. Le bateau chargé de houille des États-Unis arrivait bien dans un port anglais, Cardiff ou Swansea, mais il changeait son connaissement et, partant d'un port anglais, allait dans les Colonies anglaises vendre son charbon comme étant anglais. Il est inutile d'ajouter que ce fait peu louable n'a pu se reproduire bien souvent, les Anglais ayant donné l'éveil. Mais en France, il n'en est pas de même, et la grande différence entre le prix de revient des Américains et celui des Anglais est pour les premiers un avantage incontestable. Depuis lors, le droit de 1,25 *f* sur l'exportation des charbons anglais est venu aider encore les Américains.

Conditions défavorables aux charbons américains.

Par contre, ils ont, d'une part, des frets notablement plus élevés, et le fret de retour est difficile à trouver, et leurs charbons sont beaucoup plus sales que les charbons livrés par les Anglais ou par les houillères françaises. La concurrence entre ces dernières a forcé tout le monde à présenter son charbon sous le meilleur aspect possible, tandis que les États-Unis en sont encore à livrer un charbon à peine épierré, et à faire tout au plus une ou deux classes.

Essais d'importation.

Que faut-il donc aux Américains pour lutter à armes égales? D'abord établir des triages et des lavoirs équivalents à ceux de l'ancien continent. Il est évident qu'avec l'esprit que nous leur connaissons du développement de la mécanique, cela ne sera pas long à établir dès que leur attention sera éveillée sur ce point.

D'autre part, la question du fret est beaucoup plus importante et beaucoup plus complexe. Lorsque les Américains ont essayé, il y a deux ans, d'envoyer des charbons en Europe, ils ont été obligés de passer par les mains des Anglais pour le fret, car ils n'avaient pas de bateaux. Ces derniers, effrayés par la concurrence, ont monté le fret immédiatement, de façon à annuler celle-là, en même temps qu'ils baissaient les prix dans les ports (Bordeaux, par exemple) où quelques cargaisons de houilles américaines étaient arrivées. Quelques autres essais d'importation avaient été faits, presque simultanément dans le Nord, à Dunkerque, à la porte de nos bassins houillers du Nord et du Pas-de-Calais, d'une part; et à Marseille, à deux pas du bassin houiller du Gard. Le premier de ces essais n'avait pas été suivi d'un autre. La Compagnie houillère qui avait fait l'envoi d'un bateau ne croyant pas à une affaire continue n'y avait pas attaché d'importance, et le charbon américain, qui n'était qu'un tout-venant comme on le fait aux États-Unis, c'est-à-dire peu soigné, ayant de plus subi une manutention de chargement et de déchargement qui avait été loin d'améliorer sa qualité, s'était assez mal présenté vis à vis des charbons classés et triés avec soin du Pas-de-Calais et du Nord. On n'y a pas donné suite. Dans le Midi,

la question des prix du fret de 5,30 *f* plus élevé que le fret anglais, avait également fait cesser l'essai. Au commencement de l'année 1900 les faits ci-dessus, joints à quelques demandes de prix reçues d'Allemagne et de Belgique, avaient fait croire aux Américains, selon l'expression des journaux, à la famine du charbon en Europe, et il en était résulté un affermissement des prix qui avait rendu momentanément toute exportation sur le continent européen impossible. Seule, l'Angleterre avait pu, grâce à ses bateaux, qui lui donnaient un fret inférieur et certain, traiter à des prix avantageux pour de gros contrats qui avaient ensuite eu une répercussion plus forte encore sur les cours. Bien qu'assez bas, relativement, ces prix étaient cependant, en les majorant du fret, supérieurs aux prix qu'on pouvait les vendre en Angleterre.

Mais la question restait entière et on cherchait, aussi bien en France qu'aux États-Unis, une solution qui rendît possible cette pénétration.

Depuis ce moment, les Américains ont tout fait pour avoir le fret entre leurs mains. Ils ont acheté plusieurs lignes de bateaux anglais et ce fait a eu, en Angleterre, un retentissement considérable. Le droit de 1,25 *f* à l'exportation d'Angleterre est encore venu les aider.

A cette première cause viendra s'en joindre une autre, d'un ordre tout différent. Après leur guerre heureuse avec l'Espagne, les États-Unis ont eu des idées de gloire qui ne leur étaient jamais venues, et une véritable folie militaire et maritime s'est emparée d'eux, qui les poussa à augmenter leur marine de guerre ; d'autre part, des gens haut placés et sages, qui ont échappé à cette folie, se sont, au contraire, rendu compte de la pénurie de marine dont ils auraient souffert gravement s'ils avaient eu affaire à une nation mieux armée que l'Espagne, et ils cherchèrent à y remédier en profitant du sentiment guerrier du pays, qui les poussait dans le même sens, sinon pour les mêmes raisons.

Mais pour avoir une flotte de guerre, il faut avoir des marins et la marine marchande peut seule les donner. On était donc obligé d'encourager la marine marchande, et c'est ce dont ont profité de puissantes Compagnies houillères en créant de toutes pièces une flotte marchande pour laquelle ils ont eu l'appui et les subsides du Gouvernement (primes à la construction et à la navigation), et avec laquelle ils seront en mesure de lutter avan-

tageusement contre les frets anglais qui les bloquent encore chez eux et d'inonder, suivant leur expression, le marché européen.

Avec la promptitude dans la décision qui caractérise le Yankee, cette conception a rapidement passé à l'exécution. Leurs usines métallurgiques se sont outillées, de grands chantiers de construction de bateaux se sont montés à vue d'œil, et l'on estime que le fret américain ne sera plus supérieur que de 0,50 *f* au fret anglais. Bientôt ce programme sera réalisé, et les charbons américains viendront dans nos ports à des prix qui seront très favorables à notre industrie en général, il est vrai, mais qui seront terribles pour notre industrie houillère.

Nous pourrons les arrêter en augmentant nos tarifs douaniers, mais c'est alors toute notre industrie qui en souffrira pour le bien seul de nos houillères.

Les Américains ont été tellement larges dans leur conception qu'ils ont dépassé le but. Pour réduire le fret à 4,25 *f* par tonne, prix visé (bien qu'il nous semble difficile à réaliser) pour faire une concurrence certaine aux Anglais, ils ont bâti des bateaux de 6 à 7000 tonnes pour avoir un trafic plus économique. Mais ces bateaux se sont trouvés trop grands pour la généralité des ports où le charbon avait accès. Ils ont donc été obligés de recommencer, de toutes pièces, des bateaux d'un tonnage plus faible, 2 à 3000 tonnes, qui seront bientôt à leur disposition.

Avec cette augmentation de production continue que nous avons vue plus haut, la quantité disponible augmentera, et le prix de revient actuel de 4,20 *f* par tonne à la mine se généralisera et devra baisser encore.

Nous pouvons donc nous attendre, dans un avenir très prochain, à ce que les causes techniques qui empêchaient les charbons américains de venir en France aient diminué ou disparu.

Il reste encore une difficulté dont nous n'avons pas parlé, et qui est d'ordre financier. A part les essais qui ont été faits il y a deux ans et qui ont à peu près cessé depuis cette époque, sauf à de rares intervalles, bien des tentatives ont été faites qui se sont heurtées à la pierre d'achoppement suivante : Les houillères américaines ne voulaient expédier de charbon qu'après en avoir touché le montant, et les acheteurs français voulaient, naturellement, ne payer le charbon qu'après l'avoir vu, d'autant plus, comme nous l'avons dit plus haut, que les premiers essais n'avaient pas été encourageants comme qualité. Cette situation pou-

vait durer indéfiniment, mais tout récemment un syndicat des plus puissantes mines américaines représentant une production de plusieurs millions de tonnes a cédé à une Société française le droit de la représenter en France. Un groupe de banquiers américains paye le charbon, un groupe de banquiers français, correspondant du premier, reçoit l'argent de l'acheteur français, et s'arrange avec le groupe américain ; et avec cette combinaison ingénieuse tous les intérêts en présence sont sauvegardés.

D'après tout ce qui précède nous pouvons prédire que les Français verront peu à peu le charbon des États-Unis supplanter les houillères anglaises et même les houillères nationales dans certains rayons d'action à partir de la mer. Ce qui prouve bien que l'avenir des charbons américains, en France, ne fait pas de doute est le fait que, dans les statistiques commerciales pour 1901, a paru, pour la première fois, l'importation des États-Unis avec 48 500 *t* et si nous rapprochons ce dernier chiffre du chiffre des exportations françaises qui a baissé, en 1901, de 390 773 *t*, nous voyons que ce n'est pas, malheureusement, notre production nationale qui viendra leur boucher la voie.

Il est bon d'attirer l'attention sur ce fait désastreux pour notre industrie ; on ne saurait trop montrer quel immense intérêt nous avons à augmenter notre production et à nous affranchir du lourd tribut que nous payons, de ce chef, à l'étranger. Ce n'est malheureusement pas au moment où l'on ne songe qu'à réduire les heures de travail que nous pourrons être écouté. Mais nous devons dire que l'ouvrier français devrait plutôt songer à imiter les ouvriers américains et à augmenter largement sa production en développant, par cela même, à la fois son propre bien-être et notre industrie nationale.

RECONSTRUCTION

DES

FORMES DE RADOUB DE PONTANIOU

DANS L'ARSENAL DE BREST (1)

PAR

M. Adrien HALLIER, Entrepreneur de Travaux publics.

NOTE

DE

M. G. RICHOU

Description des ouvrages.

Les travaux actuellement en cours d'exécution et dont nous allons donner la description ont pour objet l'approfondissement, l'allongement et l'élargissement des formes de radoub établies dans l'anse de Pontaniou et prenant accès par la Penfeld dans l'Arsenal de Brest.

Ces formes, commencées en 1742 par Ollivier, constructeur des vaisseaux du Roy, furent achevées en 1756 et 1757 par Choquet, Ingénieur de la Marine, qui édifia également le Bagne de Brest. Elles portaient les numéros 1-3 et 2-4, et étaient chacune séparées en deux parties sensiblement égales : la forme 1-3 par un bateau-porte, la forme 3-4 par une porte en bois (*fig. 1* et 2, *pl. 18*). Leur radier était établi à la cote (+ 2 *m*) environ : creusées dans le roc pour la partie arrière, elles suivaient à peu près la pente du fond de l'anse, mais, le roc plongeant à la partie antérieure de celle-ci, on avait dû fonder les écluses et les murs des têtes et une partie du radier sur des pilotis dont nous parlerons plus loin.

Voici les dimensions des nouvelles formes :

Dimensions. —	Formes 1-3. Croiseurs. —	Formes 2-4. Cuirassés. —
Longueur du parement antérieur du caisson de tête à l'extrémité de l'ogive	177,50 *m*	160 *m*

(1) Voir Planche n° 18.

Dimensions.	Formes 1-3. Croiseurs.	Formes 2-4. Cuirassés.
Largeur au niveau du terre-plein :		
a) Sur les écluses.	22 *m*	29,267 *m*
b) Sur la section courante. . . .	26,80 *m*	33,134 *m*
c) Au niveau du radier des écluses.	19 *m*	25 *m*
d) Au niveau du radier de la section courante	19,90 *m*	28,234 *m*

L'allongement a été peu important, tandis que les élargissements atteignent respectivement 4 *m* et 10,33 *m* sur la section courante, et les approfondissements 3,60 *m* et 6,40 *m* environ.

Le profil transversal des deux formes nouvelles présente de chaque côté trois banquettes de 1 *m* de largeur et de 4 *m* de hauteur environ, avec un parement incliné de 0,15 *m* sur cette hauteur. Le pied de ces banquettes est relié au radier par des gradins qui, au nombre de trois à la tête, diminuent avec le relèvement du radier.

Ces derniers, divisés en deux étages, sont établis à la cote — (3,30 *m*) au-dessous du zéro de Brest sur l'écluse de tête, et à la cote + (4,50 *m*) à l'origine des formes : ils remontent vers le fond de celles-ci avec une pente de 0,007 *m* par mètre. Au milieu se trouve une cunette de 1 *m* de largeur, qui descend par une pente de 0,002 *m* par mètre vers le fond des formes.

La forme 1-3 (croiseurs) comporte deux écluses intermédiaires permettant de la sectionner en deux.

Le terre-plein laissé entre les écluses a 17,234 *m* ; entre les murs des formes, 12,90 *m*.

Il y avait, en outre, à établir, en tête des formes, le puisard des nouvelles pompes d'épuisement qui nécessitait une fouille de 17 *m* de profondeur ; les aqueducs d'épuisement ont une section de 1,20 *m* de large sur 2 *m* de hauteur sous clef. Deux d'entre eux partent des ogives des formes pour aboutir au puisard ; le troisième fait communiquer ce dernier avec la partie antérieure de la forme 1-3, pour l'utiliser seule par sectionnement.

Quatre aqueducs circulaires en maçonnerie de 1,20 *m* de large sur 1,80 *m* de hauteur sous clef sont disposés dans les écluses de tête pour le remplissage des formes. L'aqueduc de refoulement est établi en prolongement de l'aqueduc existant et suivant une section de 1,20 *m* de large sur 2,60 *m* de hauteur sous clef.

Enfin, deux égouts voûtés de 1,20 *m* de large sur 2 *m* de hau-

teur sous clefs sont disposés sur les deux rives des formes pour évacuer les eaux qui viennent de l'extérieur de l'Arsenal et les déverser dans la Penfeld. Celui de la rive Nord se termine par une chambre à déblais.

Nous ne citerons que pour mémoire les travaux accessoires consistant en démolitions de diverses constructions élevées sur les terre-pleins et le remplacement d'une ancienne cale de construction située devant les bâtiments de la Direction des Travaux hydrauliques, par des quais pourvus d'escalier et d'une rampe d'accès, de manière à constituer un terre-plein.

Ordre d'exécution des travaux

L'article 2 du Cahier des charges (Devis technique) imposait tout d'abord l'exécution de ces travaux accessoires qui permettaient de dégager les terre-pleins entourant les formes ainsi que les voies d'accès, et pouvaient fournir à l'Entreprise l'espace nécessaire à la fabrication du mortier et à l'approvisionnement des matériaux.

En même temps, il prescrivait la construction du puisard des machines et celle des aqueducs aboutissant aux ogives des formes.

Quant aux fondations des écluses de tête, elles devaient être exécutées au moyen d'un ou deux caissons à air comprimé et entreprises le plus promptement possible.

Les travaux devaient être conduits simultanément dans l'intérieur des formes, sur l'écluse d'entrée et à l'extérieur, de manière à livrer à la Marine, dans le délai de trois ans, la forme des cuirassés (2-4), son chenal d'accès, les quais voisins, la souille à creuser sur la rive gauche de la Penfeld, et une zone libre de 6 *m* de large autour de la forme.

Le surplus des travaux devait ensuite être effectué de manière que l'entreprise fût achevée dans un délai total de quatre années.

Pour permettre l'exécution plus facile des ogives pendant le fonçage du caisson d'entrée, la Marine pouvait, à la demande de l'entrepreneur, laisser en place les bateaux-portes qui séparaient les formes en deux, sous la réserve que l'enlèvement de ces portes ne pourrait être exigé que quand l'écluse d'entrée serait complètement débouchée.

Organisation des chantiers.

Les seuls espaces disponibles pour l'organisation des chantiers consistaient en une zone de 6 *m* de largeur, sur les terre-pleins longeant les formes, en une autre de 12 *m* de largeur sur 100 *m* de longueur en retour des quais de la Penfeld (celle à gagner par le remplacement de la cale indiquée plus haut), enfin dans le terre-plein qui sépare les deux formes et qui, après achèvement, ne doit avoir que 12,90 *m* de largeur.

Conformément aux prescriptions susmentionnées, l'Entreprise a commencé par le débarrasser de ses constructions. En même temps, pour pouvoir utiliser sans retour la bande de 6 *m* qui lui était accordée le long des formes, il a fallu construire, en premier lieu, les deux égouts destinés à l'évacuation des eaux de l'Arsenal et qui devaient occuper le sous-sol de ladite bande.

On a exécuté ensuite, comme il était prévu, les quais nécessaires pour le remplacement de l'ancienne cale de construction devant les bâtiments de la Direction des Travaux hydrauliques, et l'on a pu, après remblayage, disposer d'un terre-plein sur lequel on a installé les magasins à ciment et l'outillage nécessaire à la fabrication du mortier. Dans le prolongement est placé l'approvisionnement des pierres de taille. Cette disposition générale est commode parce qu'elle permet de recevoir à quai par la Penfeld le ciment, le sable et la pierre.

L'exiguïté des dégagements des chantiers rendait impossible l'emploi des plans inclinés pour l'évacuation des déblais des fouilles, comme M. Hallier avait pu le faire pour l'exécution des formes n°s 4 et 5 du Havre, que la Société des Ingénieurs Civils a visitées en 1887. Elle ne permettait pas davantage, au point de vue économique, l'installation de moteurs à vapeur desservis par des générateurs indépendants et répartis sur divers points du périmètre des ouvrages. Il était donc naturel de recourir à une station centrale électrique : elle a été établie sur l'extrémité antérieure du terre-plein séparatif des formes et comprend deux machines verticales Weyher et Richemond, genre Corliss, pouvant fournir chacune 150 *ch*. Elles actionnent par courroie des dynamos à courant continu de 240 volts, l'une de 66 kilowatts, l'autre de 90 kilowatts. L'appareil évaporatoire se compose de deux chaudières Delaunay-Belleville timbrées à 14 *kg* et fournissant la vapeur aux cylindres à 8 *kg* à l'aide d'un détendeur.

La station centrale alimente par câbles : 1° l'atelier de réparations établi dans le bâtiment du pilon de 8 *t* de la Marine ; 2° l'installation de fabrication du mortier ; 3° le transporteur Temperley, dont il sera parlé plus loin ; 4° les compresseurs d'air dont l'emploi était prévu par le Cahier des charges pour la fondation des écluses de tête ; 5° les treuils pour l'évacuation des déblais ; 6° les pompes d'épuisement ; 7° l'éclairage, etc.

La station centrale a commencé à donner le courant en août 1899.

La faible largeur des terrains libres autour des chantiers avait conduit le Service des Travaux hydrauliques à prévoir l'évacuation au tombereau des déblais des formes. L'entrepreneur a pu ultérieurement obtenir l'autorisation de placer une voie ferrée de 1 *m* le long des quais de l'Arsenal pour conduire les déblais sur le terre-plein de Lanninon, lieu de décharge situé à 2 *km* environ des chantiers. Les trains composés de wagons de 2 m^3 sont traînés par des locomotives de 15 et de 20 *t*.

Quant au mortier, il est amené des malaxeurs au lieu d'emploi par une voie de 0,60 *m*. Comme on n'aurait pu établir cette voie sur la bande de 6 *m* longeant la forme qui était déjà occupée par la voie de 1 *m* destinée aux grands wagons, M. Hallier a dû obtenir l'autorisation de la faire passer devant et à travers les bâtiments de la Marine, pour rentrer ensuite sur le chantier : elle coupe à angle droit la voie des grands wagons et se prolonge sur le terre-plein séparatif des formes.

Exécution des travaux.

Ogives et fonds des formes. — Le Cahier des charges prévoyait qu'on exécuterait à sec cette partie des travaux par épuisement, derrière les portes intermédiaires.

Les écluses d'entrée devaient être en même temps construites à l'air comprimé, et, une fois achevées, elles auraient permis d'implanter les nouvelles portes, pour terminer ensuite à sec les parties antérieures des deux formes.

Ce programme n'a pas été suivi, du moins, en ce qui concerne l'emploi de l'air comprimé, ainsi que nous le verrons plus loin. L'ogive et le fond de la forme 1-3 (croiseurs) ont été attaqués à l'abri de la porte intermédiaire : quant à la forme 2-4 (cuirassés), elle a été presque entièrement faite derrière la porte principale,

qu'on avait pu conservèr parce qu'elle se trouvait en arrière des 12 *m* de largeur prévus pour les écluses d'entrée.

On a démoli les anciens môles, puis construit les murs de quai en travaillant à la marée. On a aussi terminé les abords de l'entrée sur les deux côtés pour les travaux de maçonnerie.

Le transport des déblais du fond à la surface ne pouvait, comme il a déjà été dit, s'exécuter par des plans inclinés. M. Hallier y a pourvu par l'installation d'un transporteur Temperley. Cet appareil, dont notre regretté Collègue, M. Guéroult, avait fourni les plans, circule sur un pont de 40 *m* de portée utile : la poutre a 50 *m* de longueur et repose sur deux palées métalliques, qui roulent sur un rail, de chaque côté de la fouille.

Le transporteur Temperley qui évite tout transport horizontal à fond de fouille, puisqu'on peut amener le pont à l'aplomb des points de chargement, a donné les meilleurs résultats au point de vue de la rapidité et de l'économie. Avec une profondeur moyenne de 12 *m*, nous l'avons vu monter 20 m^3 à l'heure : chaque opération nécessitait 1 minute et demie, avec des bennes d'un demi-mètre cube, pour prendre la benne au fond de la fouille, l'élever, la transporter horizontalement, la décharger sur un wagon et la redescendre.

Cette partie des travaux a eu à subir de sérieuses entraves, par suite des éboulements considérables qui se sont produits sur les faces Nord de chacune des deux formes, en raison du clivage des roches à excaver. L'un de ces éboulements a pris une telle importance, que les voies des grands wagons ont été coupées, et qu'il a fallu construire un arc en maçonnerie pour les porter et rétablir la circulation des trains de déblais.

Le même expédient a dû être adopté pendant la construction du puisard, à cause de l'obligation de laisser un passage charretier entre le chantier et la rampe de la Madeleine, située au fond de l'emplacement des formes, car la voie se trouvait ainsi à pic sur le bord de la fouille des ogives (*fig. 1*). On a donc dû arrêter le passage des locomotives en cet endroit, et lui substituer des chevaux pour la traction des wagons.

Les éboulements de la face Nord de la forme des croiseurs ont réduit à 4 *m* la largeur du terre-plein central, et déterminé une gêne considérable pour l'exploitation de la voie qui amenait le mortier et les pierres de maçonnerie, voie qu'il a fallu réduire à 0,60 *m* d'écartement, au lieu de 1 *m* qu'on espérait employer.

Les fouilles de la forme des cuirassés (2-4) s'exécutant sui-

vant la pente du fond, il a fallu, pour l'installation des épuisements, placer la première pompe vers le milieu de la fouille. C'était une pompe centrifuge de 0,220 *m*, à commande électrique. Lorsque cette fouille a été achevée et les maçonneries terminées, l'attaque du rocher a été reportée à 30 *m* de la porte, toujours en marchant dans le même sens, et on a adjoint à la première une seconde pompe de 0,300 *m*. Enfin une troisième de 0,120 *m* asséchait le puisard.

Pour les épuisements de la forme des croiseurs (1-3), on avait disposé, sur le bateau-porte intermédiaire, une pompe centrifuge de 0,150 *m*, et plus tard une de 0,120 *m* dans la fouille des écluses d'entrée, à l'abri du batardeau.

Construction des écluses d'entrée.

Elle a constitué la partie la plus importante des travaux, car elle commandait entièrement l'approfondissement des formes et l'exécution des maçonneries.

Comme il a été dit plus haut, les fondations devaient, aux termes du Cahier des charges, être faites à l'air comprimé. Ce qui avait conduit MM. les Ingénieurs des Services hydrauliques à adopter ce procédé, c'est la mauvaise qualité attribuée au sol de fondation. Un môle en maçonnerie, précédemment établi au même endroit pour la construction d'un pont tournant, n'avait pas, en effet, pu tenir, et a dû être supprimé avant les travaux actuels.

Toutefois, le profil en travers de l'anse de Pontaniou rendait l'application de l'air comprimé particulièrement difficile. En effet, le rocher présente, au droit des écluses, une sorte de cuvette dont les bords se trouvent à la cote (+ 9 *m*) et le fond, d'ailleurs situé à peu près dans l'axe, à la cote (— 7 *m*) (1).

La partie centrale était occupée par d'anciens pilots, très serrés, frappés par les premiers constructeurs, pour porter le radier des têtes des anciennes formes. Ces pilots se prolongeaient même en avant de l'emplacement des nouvelles.

Sur toute la largeur de l'entrée, le sol devait être amené à la cote (— 4 *m*), et les quais limitant les abords ont été fondés à la cote (+ 1 *m*) sur le roc.

Le caisson unique ou les deux caissons accolés que prévoyait le Devis technique avaient à commencer leur fouille à la cote

(1) Voir les profils en travers 5-6 et 9-11, fig. 3 et 4, 5 et 6, pl. 18.

(+ 1,50 *m*) et à la descendre à (—7 *m*). Ils auraient présenté une longueur totale de 80 *m*, et, comme les banquettes latérales du rocher n'ont, chacune, à la cote (+ 1,50 *m*) qu'environ 10 *m*, ils se seraient trouvés, pour ainsi dire, en l'air, sur une longueur de 60 *m*, et auraient par suite été exposés à fléchir, à marée basse, sous leur propre poids.

Le caisson fut néanmoins commandé, mais sa livraison se fit si longtemps attendre, que l'entrepreneur dut aviser à d'autres moyens.

Il employa d'abord une cloche à décochement. La fouille devant pénétrer dans le rocher sur sa largeur prévue à 12 *m*, le chaland porteur de l'appareil de suspension était limité à des dimensions correspondantes, et la cloche elle-même, qui devait être soulevée à l'extrémité d'une grue flottante, ne pouvait présenter que 7 *m* sur 5 *m* au maximum. La capacité de travail d'un tel engin était très faible, et n'aurait pas permis de terminer l'entreprise dans les délais impartis. On s'en servit néanmoins jusqu'en février 1901.

A cette époque, le caisson commandé n'étant pas livré, M. Hallier s'arrêta à une décision hardie et dont la mise à exécution a été couronnée d'un plein succès. Considérant que les têtes des pilots qui remplissaient la cuvette centrale de l'anse de Pontaniou au droit des écluses nouvelles avaient en somme, supporté, sans faiblir, le radier des anciennes — édifié sur leur bonne conservation par des sondages — et pensant, enfin, que l'insuccès de l'ouvrage précédemment fondé sur le même point tenait peut-être plutôt à certaines défectuosités de la maçonnerie qu'à la mauvaise qualité générale du sol, il proposa à MM. les Ingénieurs des Services hydrauliques de fermer l'anse par un batardeau en maçonnerie, reposant à ses extrémités sur le rocher, et en son centre sur les pilots dont il a été déjà parlé.

Cette solution fut agréée par l'Administration, tout en laissant à l'entrepreneur l'entière responsabilité des opérations subséquentes.

Le succès n'en était d'ailleurs pas assuré, même en considérant comme exagérées les préoccupations relatives à la mauvaise qualité imputée au sol dans la cuvette centrale. Car cette forme obligeait à faire reposer le batardeau à ses extrémités sur un rocher solide, tandis que le centre aurait à s'appuyer sur les anciens pieux et sur de nouveaux à battre pour combler les vides laissés entre certains d'entre eux. Enfin, sur les côtés, entre les

lignes de pieux et l'arête du rocher proprement dit, la maçonnerie devait forcément porter sur des parties vaseuses plus ou moins compactes.

Pour remédier aux inégalités de résistance du sol de fondation, M. Hallier battit quelques nouveaux pilots en avant et dans les intervalles des anciens, et assit son bâtardeau sur un radier général en béton d'une épaisseur de 0,50 *m* arasé à la cote (2,20 *m*). Ce radier supporte un mur en maçonnerie de 62 *m* de longueur, 6 *m* de largeur à la base et 1 *m* à la crête. Les plus hautes marées atteignant 8,20 *m*, il est arasé à la cote (8,60 *m*).

Ce mur présente, du côté de la Penfeld, une convexité correspondant à un rayon de 300 *m*. La pression qu'il exerce sur la fondation est de 2 *kg* par centimètre carré, lorsqu'il n'est pas chargé sur l'arête extérieure ; à marée haute, l'arête intérieure supporte la même charge et, à marée moyenne, la résultante des pressions passe à peu près au centre de la base.

Le béton du radier a été dosé à 450 *kg* par mètre cube de sable, et on a employé deux volumes de mortier pour trois de pierre cassée. Le mortier employé pour la maçonnerie est également dosé à 450 *kg*.

Le batardeau qui vient d'être décrit a été achevé dans les premiers jours de mai 1901 et a donné tous les résultats qu'en attendait l'entrepreneur, c'est-à-dire qu'il a permis d'édifier entièrement les écluses des deux formes et avec des épuisements très peu importants. Il a néanmoins présenté, dès les premiers jours de son achèvement, un renard à la jonction du mur proprement dit et du radier en béton qui le supporte. Mais ce renard ne débitait, à marée haute, que 2 à 3 m^3 à l'heure, et comme il ne livrait passage qu'à de l'eau claire, ce qui démontrait qu'il ne se produisait aucun affouillement dans les vases situées en avant des maçonneries, on jugea inutile de chercher à l'aveugler, et il a ainsi fonctionné jusqu'à la fin des travaux.

D'autre part, il s'est produit, un mois environ après la construction, deux fissures : l'une à l'extérieur et oblique, à la limite du rocher et des fondations qu'il supporte. Cette fissure ne traversait pas la maçonnerie et ne montait qu'à environ 2 *m* du couronnement. L'autre, vers le centre et à l'intérieur, montait de la base jusqu'aux deux tiers environ de la hauteur : comme la précédente, elle ne traversait pas le massif. Elle se fermait à marée haute, parce que l'arête intérieure était alors plus fortement chargée.

Enfin, à la fin de septembre, c'est-à-dire cinq mois environ après la construction, on observa une troisième fissure presque verticale à la butée du batardeau contre l'ancien mur du quai. Cette fissure s'ouvrait, à marée basse, de 2 à 3 *mm* et se fermait à marée haute.

Aucune de ces fissures n'a donné d'eau. Il n'y a pas eu davantage de tassements. Quant aux mouvements du mur sous l'influence des marées, leur amplitude a varié de 30 à 44 *mm*.

Attaque de la fouille des écluses et construction des maçonneries.

M. Hallier, comme nous venons de le voir, fut rapidement assuré de la bonne tenue du batardeau : mais il restait à combiner une attaque en cunette pour la fouille des écluses, de manière à s'affranchir de tout affouillement des vases au-dessous des têtes des pilots, accident qui aurait rendu pratiquement inutile la construction du batardeau.

Le premier projet consistait à laisser à l'aplomb du batardeau une risberme de 4 *m*, et à creuser à son pied, sur toute la longueur de l'ouvrage, une cunette de 2 *m* de large poussée à la profondeur d'implantation des maçonneries (cote — 7 *m*). On y aurait coulé un mur de béton, de manière à se garantir des infiltrations s'il s'en était produit, et qui aurait, en outre, servi à étayer la fouille en marchant de la Penfeld vers le rivage. Mais M. Hallier a estimé que les parties latérales de rocher qui servaient d'assise au batardeau ne devraient pas donner beaucoup d'eau, et que seule la partie vaseuse du centre y était exposée. D'autre part, les anciens pieux étant encore très bons, il a paru plus simple de garnir la première rangée d'un double rideau de palplanches jointives. La fouille a ainsi pu être attaquée en partant des murs de quais des formes et en marchant vers le centre. Des puisards établis dans les angles de ces murs et du batardeau, et d'un accès facile aux pompes, recueillaient toutes les eaux. L'enlèvement des déblais des parties latérales s'exécute, d'un côté, à l'aide d'une grue Caillard à vapeur, d'une puissance de 1 500 *kg* et de 10 *m* de portée, et de l'autre, par un treuil également à vapeur.

Quant aux déblais de la partie centrale, il sont enlevés par un plan incliné établi dans la forme des cuirassés déjà en grande partie achevée. Ce plan présente une pente de 12 0/0 avec une

longueur variable et de 130 m au maximum. Il porte deux voies de 0,40 *m* et est actionné par un treuil sans tambour du système Hallier, à commande électrique. Le produit maximum atteint 30 *m* à l'heure, soit trois wagonnets montés par minute, avec une minute en plus pour le déchargement. L'installation pourrait fournir de 1/3 à 1/2 de plus en augmentant le nombre de wagonnets par train, mais on n'arrive pas à charger plus rapidement les déblais de rocher.

Le déchargement du treuil à vapeur, du plan incliné et de la grue Caillard s'opère sur les trains de grands wagons dont la voie entoure les quais extérieurs des formes.

Pour l'exécution des maçonneries, on a procédé de la manière suivante, de chaque côté des pieux anciens laissés vers le centre de la fouille (*fig.* 7, *8 et 9*, *pl. 48*). On pratiquait, le long du massif rocheux, une cunette de 2 *m* de largeur sur une longueur de 4 *m*, jusqu'à la profondeur nécessaire, et on y implantait la première maçonnerie. On l'élargissait alors à 4 *m* et ainsi de suite. Les étaiements dans la partie de droite où la fouille allait jusqu'à la cote (— 7 *m*) à cause de la profondeur de la vase, se faisaient contre les rangées de pieux situées à 2 *m* l'une de l'autre. Les pieux intermédiaires étaient arrachés à l'aide de chèvres installées sur les têtes des pilots encore conservés. Puis on étayait par des madriers provisoires contre ces pilots d'abord, ensuite contre la maçonnerie en élévation. Enfin, quand celle-ci était parvenue à la cote du radier (— 3,90 *m*), le batardeau était étayé contre le seuil même des écluses.

Dans la partie de gauche où l'on rencontrait la roche solide dans la vase à la cote (— 5,80 *m*) seulement et où les pieux avaient une hauteur beaucoup plus faible, on s'appuyait d'un côté sur eux et de l'autre sur la paroi rocheuse de la fouille, pour terminer l'étayage comme dans la partie précédente.

Pour l'approvisionnement des perrés et du mortier, l'Entreprise avait établi sur le batardeau même une voie ferrée de 0,40 *m* qui rejoignait, à l'aide d'un pont de service en charpente de 24 *m* de portée, le terre-plein central des deux formes. La descente du mortier et des pierres de déblai à employer dans les massifs en élévation s'exécutait à l'aide de coulottes accolées au batardeau : celle des pierres de taille pour les parements employait un câble qui traversait les fouilles, et sur lequel on faisait avancer les matériaux à l'aide d'une poulie.

Le pont de service s'est naturellement réduit au fur et à me-

sure de la montée des maçonneries et on a fini par faire passer les matériaux sur les portes.

Les épuisements, d'ailleurs peu importants, étaient assurés : sur le côté Nord, par deux pompes centrifuges, l'une de 0,200 *m* à commande électrique, l'autre de 0,150 *m* à vapeur ; sur le côté Sud, par une pompe centrifuge de 0,120 *m* à commande électrique et une pompe Tangye de 0,100 *m*. Ces installations étaient établies respectivement dans les angles Nord et Sud formés par le batardeau et les quais de rive.

L'entreprise de la reconstruction des formes 1—3 et 2—4 de Brest se poursuit actuellement (1) dans des conditions normales et tout fait espérer qu'elle ne rencontrera désormais aucune difficulté sérieuse. Elle se terminera par la démolition du batardeau et par l'exécution de dérochements à l'emplacement et en avant de cet ouvrage. A cet effet, M. A. Hallier compte employer une dérocheuse du système Löbnitz armée d'un pilon de 15 *t* établi au centre du chaland pour travailler à 5 *m* des murs de quai, ou placé en bout, de manière à arriver jusqu'à ces derniers. Dans le second cas, le chaland sera accosté, sur ses deux bords, d'un ponton pour assurer l'équilibre dans la nouvelle position du pilon. Le changement d'assiette du chaland ne doit pas, dans ces conditions, dépasser 0,15 *m*.

Cet engin aura également à amener le fond de la Penfeld à la cote (— 4 *m*) pour faciliter aux grands bâtiments l'entrée des formes. On a battu à cet effet, sur l'autre rive, une file de pieux et de palplanches à 1 *m* en avant des murs de quai pour les consolider. Le dérochement se fera à 2 *m* en avant de ce rideau de protection.

Les projets des nouvelles formes de l'anse de Pontaniou ont été dressés par M. Lidy, Ingénieur, sous la direction de M. de Miniac, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Directeur des Services hydrauliques de la Marine.

Renseignements sur les anciennes formes.

Après avoir donné cette description qui montre la mise en œuvre des méthodes de construction et des engins modernes, il nous a semblé qu'il y aurait quelque intérêt à la faire suivre de détails empruntés à l'auteur des anciennes formes, Choquet,

(1) Novembre 1901.

Ingénieur de la Marine. Nous avons trouvé aux Archives du Service des Travaux hydrauliques de Brest, mises gracieusement à notre disposition par M. l'Ingénieur en chef de Miniac, un ouvrage considérable de Choquet (1), sorte de mémoire consacré à ses travaux, qu'il regardait avec raison comme de première importance pour l'époque, car les formes entièrement en maçonnerie pouvaient recevoir facilement des vaisseaux de cent canons.

Jusqu'alors les autres ouvrages de ce genre, et particulièrement ceux de Brest, les premiers exécutés en France, avaient leur radier et leur chambre antérieure en charpente clouée sur la tête de pieux. On les surchargeait de « 120 milliers de fer » pour résister à la sous-pression, et il fallait descendre et remonter cette énorme masse à toutes les sorties des vaisseaux. Plus tard, Roblin, directeur des fortifications en Basse-Bretagne, remédia à cet inconvénient, en établissant dans la chambre antérieure une série de fermes formant une voûte renversée qui reportait la sous-pression contre les piles en maçonnerie latérales où elles étaient reçues dans des entailles. C'est, en somme, le principe de la voûte renversée suivant lequel sont actuellement construites les chambres d'écluses.

L'ordre de construction de trois formes dans l'anse de Pontaniou fut donnée en 1742, par le comte de Maurepas, ministre de la Marine; il en chargea Ollivier, constructeur des vaisseaux du Roi, qui s'était auparavant signalé par l'introduction dans le profil des formes « de banquettes en amphithéâtre, suivant par gradation la figure extérieure du vaisseau », de manière à réduire le volume d'eau à épuiser, et par diverses modifications apportées à l'écluse de Brest, pour mieux profiter des hauteurs des marées.

L'anse de Pontaniou était alors délimitée par deux murs de quai non parallèles, et servait pour la construction ou le radoubage de petits bâtiments, ou la démolition d'anciens navires à l'aide de chantiers reposant sur la vase.

Ollivier fit immédiatement procéder au battage des pieux : on les frappait à cinq et six pieds l'un de l'autre, au moyen d'une sonnette à bras portée par un chaland. L'avancement se faisait en allant de la Penfeld vers le fond de l'anse. Arrivé là, on établis-

(1) *Description des trois formes du Port de Brest*, bâties, dessinées et gravées en 1757 par M. Choquet, Ingénieur ordinaire de la Marine. — Brest — de l'Imprimerie de Romain Malassie, imprimeur ordinaire du Roi et de la Marine, 1757. — Un volume grand in-folio avec planches.

sait un plancher général sur la tête des pieux et on y plaçait, près de la rivière des sonnettes à cabestan avec des moutons de 1 200 livres tombant d'une hauteur maximum de 32 pieds. Au droit de celles-ci, on coupait le plancher pour battre des files de pilots armés de frettes à la tête et de sabots en fer au pied, dans l'intervalle des premiers, qu'on enfonçait également à refus. Elles se reculaient ainsi successivement jusqu'au fond. On profitait des basses eaux dans les grandes marées pour se débarrasser des vases qui se déposaient autour et sur les pieux, et pour receper ceux-ci à une cote uniforme (28 pouces au-dessous de la marque ou zéro de l'époque). Mais comme le temps ainsi gagné ne suffisait pas, Ollivier avait imaginé de faire sur les têtes des pieux une série de petites enceintes de 6 à 7 *m* de côté, et de 1 *m* de profondeur, à l'aide de planches jointives ou de petits murs en maçonnerie. Une vanne permettait l'écoulement d'une partie des eaux ainsi enfermées, et le reste était épuisé à l'aide de pompes à main dites hollandaises. Lorsqu'on était à sec, on déblayait la vase du fond, on recepait les têtes des pieux et on bourrait leurs intervalles, à 18 pouces au-dessous du niveau général adopté, au moyen de bonne maçonnerie faite, dit Choquet, avec de la « possolane et du ciment ».

Sur les parties ainsi terminées, on posait un premier rang de chapeaux, parallèlement à l'axe de l'anse : ils étaient chevillés avec des goujons sur les têtes des pieux, le temps de la marée ne permettant pas de les assembler à tenons et mortaises. Les abouts des chapeaux, qui venaient sur le roc entaillé pour les recevoir, étaient assujettis par des crampons en fer scellés au plomb. Des palplanches fichées contre la première rangée dans le sens longitudinal de l'anse, protégeaient ces abouts contre le soulèvement par les eaux.

On continua ainsi pendant cinq années, jusqu'à la mort d'Ollivier, survenue en 1746 : la lenteur inséparable d'un pareil travail n'avait permis de couvrir que 24 pieds de l'anse, soit 8 *m* sur 50 *m* environ de largeur. En tenant compte de la période de préparation, on avait tout au plus exécuté 100 m^2 par an. Les travaux furent abandonnés jusqu'en 1751, époque à laquelle Choquet reçut l'ordre de les reprendre.

Il fit tout d'abord procéder au déblayage des vases accumulées sur l'avant-radier, et revenant sur une plus large échelle au procédé des enceintes fermées ou « parquets », il entoura successivement chacune des moitiés de l'avant-radier par de petits

murs en maçonnerie de 1,50 *m* de hauteur; on épuisait à l'aide de 200 pompes à chapelets et à chopines manœuvrées probablement par des forçats (1). (Voir *fig. 10 et 11, Pl. 18.*)

On établit, en les goujonnant sur les chapeaux, deux rangs successifs de longrines jointives, l'un dans le sens transversal, l'autre dans le sens longitudinal. Celles du premier rang étaient entaillées dans les chapeaux de deux pouces de profondeur avec interposition d'une couche de vieilles couvertures de laine suiffées pour arrêter les infiltrations. Le second rang était séparé du précédent dans les mêmes conditions.

Choquet agrandit ensuite, par des procédés analogues, la surface de l'avant-radier et y éleva les maçonneries des piles de rive et de la pile du môle central. Il put alors établir deux batardeaux en maçonnerie pour fermer les pertuis, en ayant soin de laisser à leur base des ouverture destinées à l'écoulement des eaux. Le pilotage du radier et la maçonnerie des formes proprement dites s'exécutèrent ensuite à sec. Quant aux portes elles furent installées par flottage et levage à peu près dans les mêmes conditions qu'aujourd'hui. Choquet avait eu, d'ailleurs, soin de laisser dans les bajoyers deux rainures en dehors des enclaves des portes, de manière à permettre d'y poser un batardeau lorsqu'on aurait besoin de les réparer.

Les « ciments et possolanes » employés par cet Ingénieur sont de deux sortes : l'un, de couleur rouge, décèle la présence des tuileaux; l'autre gris, composé probablement avec des schistes cuits. Le premier est généralement demeuré très bon, et ses massifs entre les têtes des pieux résistent encore au pic : le second est ordinairement sans consistance, et se déblaie aisément.

Le 2 février 1756, il entra un vaisseau dans la première forme : dans le mois d'avril de la même année, la seconde fut achevée, et la troisième dans le mois de mai 1757. Les travaux avaient donc exigé, défalcation faite des cinq années d'abandon, une durée de dix ans.

(1) L'Ingénieur Choquet a eu, outre les formes, à construire le Bagne de Brest sur lequel il a laissé un mémoire analogue à celui que nous avons consulté. Il fut terminé en 1750 : la construction en avait été décidée quand « la flotte des galériens fut réunie « à la flotte du Roi, pour loger les forçats de Toulon et de Marseille, où aucun bâtiment « spécial n'existait pour les recevoir ». Choquet ne parle pas explicitement de la participation des forçats aux travaux des formes de Pontaniou. Il est plus que probable, cependant, que ce sont eux qui ont exécuté ces durs travaux, car presque toutes les pierres de parement de la forme des cuirassés portaient encore un chiffre taillé que la tradition attribue comme marque aux forçats qui les avaient travaillées.

LES

CONVERTISSEURS POUR CUIVRE (1)

PAR

M. P. JANNETTAZ

I. — Introduction.

La production du cuivre dans le monde a été en 1900 de 492 625 *t* (2); elle était en 1899 de 484 852 *t*.

En France, cette même année 1899, d'après le dernier volume de la Statistique française (3), la production du cuivre a été seulement de 6 600 *t*, soit moins de 1,5 0/0 de la production du monde ; d'ailleurs ces 6 600 *t* proviennent presque entièrement de matières premières étrangères: minerais ou mattes. Les usines d'élaboration sont, outre quelques usines traitant des cuivres natifs, celles: d'Éguilles (Vaucluse), qui appartient à la Société des Cuivres de France; de Givet (Ardennes), l'une des nombreuses usines de la Compagnie française des Métaux; de Biache Saint-Vaast (Pas-de-Calais) appartenant à la Société des fonderies et laminoirs de Biache Saint-Vaast. La première de ces usines est la seule où l'on traite beaucoup plus de minerais que de mattes ou autres matières cuivreuses déjà fondues.

Quand on examine la statistique précédente, qui précise combien minime est la part de notre pays, dans la production du cuivre, on ne peut pas constater sans étonnement que c'est précisément en France, dans le département de Vaucluse, d'abord aux usines de Vedènes, ensuite à celles toutes voisines d'Éguilles, que:

1° Le procédé pneumatique de traitement des mattes a pris naissance, pour se répandre dans le monde sous le nom de procédé Manhès;

2° Le convertisseur cylindrique (auquel des noms spéciaux

(1) Voir Planche n° 19.
(2) D'après *The Mineral Industry*, de Richard P. Rothwell, New-York 1900.
(3) *Statistique de l'Industrie Minérale*, etc.; Imprimerie Nationale, Paris, 1900.

ont été donnés de l'autre côté de l'Océan) a été créé dès 1883 par MM. Paul David et Pierre Manhès;

3° Un appareil d'un type tout à fait particulier, et permettant de réaliser l'ancien « Selecting Process » de la méthode Galloise, a été créé en 1897 par M. Paul David, qui l'a appelé le *Sélecteur*.

Les deux phases principales de ces inventions ont été marquées dans les publications françaises. Ce fut d'abord l'illustre Grüner qui fit connaître le convertisseur à la Société d'Encouragement, puis rédigea peu de temps après une nouvelle étude que la mort vint interrompre; son fils, notre Collègue M. Édouard Grüner, acheva ce travail et le publia dans les *Annales des Mines* et dans l'*Encyclopédie Frémy* (1).

Notons que dès 1879 notre Collègue M. Pourcel (2) avait appelé l'attention des Ingénieurs français sur cette importante question en adressant à notre Société une note extrêmement intéressante relatant des essais qui venaient d'être faits par John Hollway, à Peniston (Angleterre) (3).

Cette communication fut suivie, dans la même séance, d'une autre, également intéressante, de la part de M. F. Gautier (4).

Le Bulletin de notre Société fournit encore des renseignements sur les convertisseurs à cuivre par l'importante communication de M. Vattier sur le Chili (5).

On trouve également dans le *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale* une série d'études sur les premières applications des convertisseurs faites en France et en Espagne (6).

Au cours d'une note sur la Métallurgie du cuivre en Russie,

(1) L. Gruner. — *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale.* — *Annales des Mines*, 1884.

L. Gruner et Édouard Gruner. — *La métallurgie du cuivre (Encyclopédie Frémy).*

(2) Pourcel. — *Note sur le traitement des pyrites de cuivre de M. Hollway.* — *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de France*, séance du 18 avril 1879.

(3) J. Hollway. — *Nouvelle application d'un procédé d'oxydation rapide dans lequel on utilise les sulfures comme combustibles.* — *Journal of the Society of Arts*, vol. XXVIII, 1878-1879.

(4) F. Gautier. — *Sur le traitement des pyrites de cuivre.* — *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de France*, séance du 18 avril 1879.

(5) Vattier. — *Le Chili minier, métallurgique, industriel.* — *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de France*, juillet 1892.

(6) *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale :*

Chanselle. — *Traitement du cuivre dans la cornue Bessemer*, 2e série, t. XIV, 1885;

Vernis. — *Traitement des minerais pyriteux aux États-Unis*, 2e série, t. XV, 1886;

Terraillon. — *Étude sur les gisements cuivreux de la Société Jerez-Lanteira*, 3e série, t. V, 1891. — Dans ce travail l'auteur renvoie à une étude publiée par la *Revista minera metallurgica y de ingenieria* et due à M. Sanchez y Massia.

M. Weiss a décrit un atelier de conversion qui avait été installé à Bogoslovsk (Oural) (1).

Dans ces dernières années le Sélecteur a été décrit — dès que son emploi fût définitivement consacré par la pratique — dans une note parue dans la *Revue Générale des Sciences pures et appliquées* (2). Quelques mois après M. Burthe consacrait à cet appareil une étude détaillée dans les *Annales des Mines* (3).

A l'étranger le convertisseur est employé sur une grande échelle aux États-Unis; aussi c'est de la part d'Ingénieurs de ce dernier pays, que son étude à donné lieu à des publications particulièrement importantes, notamment celles de MM. Peters, Hixon et Douglas (4).

A la suite de la publication du livre de M. Hixon, M. Pourcel en a fait un compte rendu où il s'est particulièrement occupé du « Bessemer du cuivre à l'usine d'Anaconda » (5).

Le mémoire de M. Douglas a, suivant l'excellent usage des sociétés anglaises, été suivi à l'Institution of Mining and Metallurgy d'une très ample discussion (6).

Signalons enfin que la question des convertisseurs pour cuivre a donné lieu au dernier Congrès international des Mines et de la Métallurgie, à un échange d'observations de la part de MM. David, Douglas et Jannettaz (7) et que M. David est revenu ensuite avec quelques détails sur les procédés dont il est l'auteur (8).

Nous avons pensé qu'il ne serait pas sans intérêt de reprendre cette question dans son ensemble; d'une part, au point de vue bibliographique, en condensant les renseignements utiles fournis par les publications précédentes, d'autre part en groupant les données physiques et chimiques qui peuvent permettre d'appro-

(1) Weiss. — *Note sur la métallurgie du cuivre en Russie. — Annales des Mines*, 1892.

(2) Jannettaz. — *Transformation dans la métallurgie du cuivre*. (*Revue Générale des Sciences pures et appliquées*, mars 1898).

(3) Burthe. — *Le Sélecteur Paul David* (*Annales des Mines*, juin 1898).

(4) Peters. — *Modern Copper Smelting. New-York and London 1899.*

Hixon. — *Notes on Lead and Copper Smelting and Copper converting. New-York and London, 1900.* (Troisième édition.)

Douglas. — *Treatment of Copper Mattes in the Bessemer Converter. Institution of Mining and Metallurgy, London*, octobre 1899.

(5) *Revue Universelle des Mines*, t. XLI, 1898.

(6) *Transactions of the mining and metallurgy*, London, vol. VIII, 1899-1900.

(7) Travaux du Congrès international des Mines et de la Métallurgie. *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale*, 1901.

(8) Paul David. — *Sur la métallurgie nouvelle du cuivre et le Sélecteur.* Société scientifique industrielle. Marseille, 1901.

fondir les phénomenes auxquels donne lieu le traitement des mattes ; malheureusement la science ne fournit à ce point de vue que des données bien incomplètes. Néanmoins nous avons essayé de calculer les quantités de chaleur dégagées, d'une façon analogue à celle qu'a indiquée notre ancien Président Jordan dans un travail magistral qu'il a publié dans nos Bulletins (1).

Enfin nous avons réuni dans ce travail les observations personnelles que nous avons recueillies dans une suite de voyages en Europe, et spécialement dans une série de séjours à la fonderie d'Éguilles, tant à l'époque où marchait encore le convertisseur cylindrique qu'à diverses reprises depuis que le Sélecteur y fonctionne (2).

Cette question du Convertisseur nous paraît avoir non seulement l'intérêt que peut présenter une étude sur un procédé remarquable, mais aussi une importance pratique immédiate dans bien des cas pour le traitement des minerais de cuivre.

L'attention est actuellement concentrée, pour beaucoup de personnes, sur l'électricité ; nous avons récemment exposé devant la Société (3) quelles sont les difficultés que l'on rencontre encore dans le traitement électrique des minerais et conclu que la combinaison des divers procédés était actuellement la seule solution présentant toutes garanties au point de vue de la certitude d'une marche immédiate et de l'exactitude du prix de revient que l'on peut prévoir.

Le convertisseur fournit d'ailleurs, d'une autre façon que l'électricité, le moyen d'utiliser les forces naturelles pour le traitement des minerais de cuivre sulfurés.

Son principe même est d'exiger la fabrication intermédiaire d'une matte, mais une fois la matte obtenue, il est facile d'utiliser l'air comme réactif et certains des éléments de la matière première comme combustible.

L'avantage qu'il y a à employer de l'air pour brûler les corps étrangers a tellement frappé les métallurgistes que l'on a cher-

(1) Jordan. — *Note sur la fabrication de l'acier fondu par affinage de la fonte avec chauffage par combustions intermoléculaires* (*Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils*, 1869).

(2) Nous nous faisons un devoir de constater la libéralité avec laquelle la Société des Cuivres de France nous a ouvert son usine d'Éguilles et d'en remercier spécialement l'Administrateur-délégué de cette Société, M. de Lupé ; nous devons également remercier notre Collègue, M. Paul David, ancien Directeur de l'usine, et son successeur, M. Vuigner.

(3) P. Jannettaz. — *La métallurgie des métaux autres que le fer à l'Exposition.* (Procès-verbal de la Séance du 2 novembre 1900 de la Société des Ingénieurs Civils de France).

ché à appliquer le traitement pneumatique au plomb. Si la pratique n'a pas sanctionné les essais faits pour l'affinage du plomb, il semble, au contraire, que le procédé Herbst et Heberlein où l'on insuffle de l'air dans les galènes après leur grillage est appelé à des applications.

Sans insister ici sur le secours que l'air soufflé peut offrir à la métallurgie du plomb et sans parler des procédés intéressants mais encore peu répandus de la « Fusion pyritique » (1), pour les minerais de cuivre, nous allons examiner ceux que la pratique a sanctionnés d'une façon éclatante pour le traitement des mattes au convertisseur.

II. — Difficultés spéciales au traitement des mattes de cuivre.

Du jour où l'appareil créé, dès 1855, par le génie de Bessemer fut définitivement entré dans la pratique, il était naturel de chercher à l'appliquer à la métallurgie du cuivre. Des essais nombreux furent, en effet, réalisés pour le traitement pneumatique des mattes. Mais ils restèrent longtemps infructueux. C'est qu'il se présente dans ce traitement des difficultés multiples :

1° La matte à traiter est un composé complexe de cuivre, de fer et de soufre, sans parler des métaux divers, arsenic, antimoine, plomb, zinc, etc. ; tous ces éléments étrangers représentent un tiers et souvent une proportion bien plus importante de la masse à épurer, soit les deux tiers, un tiers pour le soufre et un tiers pour le fer.

Au contraire, la fonte à affiner ne contient que de 3 à 6 0/0 de produits étrangers. D'autre part, les produits qui y dominent sont le carbone et le silicium dont l'oxydation dégage des quantités de chaleur considérables.

Enfin pour éliminer le fer de la matte sous forme de silicate, il faut beaucoup augmenter la quantité de matière fondue, en ajoutant la silice nécessaire. La scorie qui se forme ainsi enlève, lorsqu'on la coule de l'appareil, une quantité de chaleur importante.

S'il n'est pas possible de calculer celle-ci, on peut du moins remarquer l'analogie de composition entre les verres et les sco-

(1) La fusion pyritique a donné lieu à une communication de M. F. Gautier et à d'intéressantes observations de M. Lodin devant la *Société de l'Industrie minérale. Bulletin de février 1901.*

ries qui sont des silicates et noter que le verre a la chaleur spécifique la plus élevée (1).

Nous reviendrons plus loin sur cette question, dans l'étude thermochimique des réactions qui se produisent au convertisseur

2° Il y a entre le cuivre fondu (2) et la matte fondue une différence de densité considérable qui fait que ces deux matières se séparent immédiatement et ne restent pas mélangées, de telle sorte que le cuivre déjà formé ne peut se réchauffer au contact des molécules de matte, au fur et à mesure que celle-ci brûle.

3° Le cuivre est un des corps dont le coefficient de conductibilité est le plus élevé (3); il en résulte que la chaleur fournie par les réactions de la matte se répand dans toute la masse de cuivre; mais l'air qui arrive par les tuyères traverse une forte couche de cuivre fondu ; il emprunte à ce cuivre une grande quantité de chaleur, d'où diminution de la température de toute la masse, et, par suite, un double inconvénient; le cuivre, en effet, se solidifie à une température dépassant 1 050° (4); cette solidification tendra donc à se produire dès que le bain se refroidira; elle aura pour effet d'empêcher l'air de sortir des tuyères et par suite l'opération ne pourra pas être poursuivie; d'autre part,

(1) Chaleur spécifique moyenne de

	0 à 100°	0 à 300°.
Argent	0,0557	0,0611.
Cuivre	0,0949	0,1013.
Fer	0,1098	0,1218.
Verre	0,1770	0,1900.

Quant à la chaleur spécifique de ces corps à l'état de fusion elle n'est pas connue.

(2) D'après W. C. Roberts Austen.

Densités des métaux :

	État solide.	Etat liquide.
Bi	9,82	10,055
Cu	8,80	8,21
Pb	11,40	10,37
Sn	7,50	7,02
Zn	7,20	6,48
Ag	10,57	9,51
Fe	6,95	6,88

(3) Coefficients de conductibilité calorifique relatifs des métaux à *l'état solide :*

Or	1 000
Cuivre	897
Fer	374
Plomb	179

(4) Température de fusion :

Plomb	325°
Argent	950
Or	1 045
Cuivre	1 054
Acier	1 400 à 1 500

si la masse se refroidit, la croûte extérieure de matte ou de scorie passe à l'état pâteux; les gaz ne peuvent plus sortir régulièrement de l'appareil; celui-ci « crache » et si la résistance de la croûte augmente, il se produit, par soubresauts, des projections de plus en plus importantes, et l'appareil se vide sur le sol sans que les matières aient fini de réagir.

4° Il y a d'ailleurs une autre cause de projections de la matière hors de l'appareil; c'est le dégagement tumultueux d'acide sulfureux.

5° Il existe encore une autre différence entre les convertisseurs pour acier et ceux pour cuivre, c'est que pour l'acier le garnissage peut subir sur sa partie la plus importante plusieurs centaines d'opérations et sur son fond plus de 24 opérations, tandis que le garnissage du convertisseur pour cuivre, attaqué par l'oxyde de fer, ne résiste qu'à quelques opérations, et dure environ une journée.

III. — **Aperçu historique.**

Le Bessemer.

Sans faire ici l'historique du procédé Bessemer, nous croyons utile de relever certains faits qui se rattachent directement à notre sujet.

Le premier brevet français de Bessemer est du 24 janvier 1856; la patente anglaise était antérieure, arrivant à expiration le 17 avril 1869. Ce brevet ne parle que de vases ou poches, où l'air arrive au moyen de tuyaux.

Dans un certificat d'addition du 27 septembre 1856, Bessemer dit que : « Les cubilots employés pour la refonte de la fonte brute dans les fonderies ou pour d'autres usages peuvent aussi servir à affiner et à convertir la fonte brute par une injection d'air ou de vapeur d'eau, ou d'un mélange d'air et de vapeur d'eau, dans la masse en fusion qui s'agglomère dans le bas desdits cubilots » (1).

(1) Cette citation étant textuelle, nous avons conservé ce qui se rapporte à la vapeur d'eau. En effet, Bessemer pensait que ce corps pourrait convenir en même temps que l'air. Dans sa communication de 1870, M. Jordan a démontré que si les essais faits jusqu'alors dans la pratique n'avaient pas réussi, il n'y avait non plus rien à attendre de ceux à venir, attendu que théoriquement la réaction produite au moyen de la vapeur d'eau ne dégagerait pas assez de chaleur.

Dans le même ordre de faits, remarquons que pour l'affinage du plomb antimonieux on arrive aujourd'hui à remplacer la vapeur d'eau par l'air comprimé, qui est plus économique. Nous citerons comme exemple la fonderie des Bormettes (Var).

Ce traitement de la fonte au moyen d'un cubilot est représenté dans la première figure de notre planche. C'est l'appareil qui servit aux expériences faites à Saint-Pancras en 1856.

Bessemer dessina d'ailleurs des appareils de toutes les formes, notamment un convertisseur rotatif et sphérique, pour réduire la perte de chaleur par rayonnement (1856) et un convertisseur à tuyères latérales (1862). Nous verrons plus loin comment, indépendamment de ce qui avait pu être tenté avant lui, M. Paul David a eu recours successivement à la tuyère latérale et à la forme sphérique.

L'idée d'employer le traitement pneumatique devait, comme il est naturel, rapidement faire son chemin en Angleterre. Le 20 août 1856, Gossage prit un brevet pour le traitement des minerais fondus par l'air sous pression, mais sans donner d'indications précises et sans parler du cuivre. Un autre inventeur était, quelques semaines plus tard, beaucoup plus explicite. En effet, le 4 septembre 1856, William Keates prit un brevet anglais pour traiter la matte de cuivre dans un fourneau où était envoyé de l'air, chaud ou froid, qui traversait la masse fondue. Quelques jours après, le 18 du même mois, un autre brevet anglais était pris par Isham Baggs qui proposait de fondre le minerai cru ou calciné, de le scorifier et, après avoir écumé la scorie, d'envoyer dans le bain un courant d'air, d'oxygène ou d'autre gaz.

Sans insister sur les brevets de Glass, pris en 1862, qui se rapportent au traitement, par l'air, des minerais d'antimoine, venons-en au brevet très intéressant de Dixon, pris le 23 janvier 1869. En voici les passages les plus intéressants :

« Dans la réduction de la matte de cuivre par la méthode pneumatique, on emploie un haut fourneau, ressemblant au cubilot des fondeurs de fer... Dans les tuyères on fait passer de l'air sous pression, qui traverse la matte fondue ; celle-ci peut dépasser en hauteur, d'une certaine quantité, le niveau des tuyères... On peut faire le four en deux parties : la partie supérieure sera supportée par des colonnes, et la partie inférieure, reliée à la précédente, pourra être montée et démontée à part pour les réparations. En plus du trou de coulée pour le cuivre réduit, il peut se trouver un trou pour les scories. Le four étant chauffé avec du coke, une quantité de sable ou de tout autre matière silicieuse (en proportion avec le fer qui est contenu dans la matte) est alors mise en boules avec du goudron, ou tout autre produit inflammable, et projetée dans le four sur le coke.

» Au sommet du four se trouve la matte empilée à l'état de petits morceaux. On peut aussi composer la charge de couches alternatives de coke, sable et matte. On pourrait encore projeter le sable dans le four, en même temps qu'on donne l'air... Le vent est continuellement augmenté, pour fondre rapidement la charge ; et lorsque la matte fondue s'élève au-dessus des tuyères, il se produit une action violente et il se dégage des volumes importants de gaz sulfureux... On peut aussi fondre des pyrites pures... Si le minerai est pauvre, il est préférable de le fondre d'abord en matte dans un four à réverbère ou bien dans un haut fourneau spécial. »

L'auteur ouvrait ainsi le chemin, où devait s'engager, à son tour, Hollway, en exécutant des essais sur lesquels nous reviendrons plus loin ; notons aussi, en passant, la façon dont Dixon insiste sur la construction judicieuse du cubilot en deux parties : d'une part la cuve, de l'autre l'ouvrage et le creuset.

En 1866, d'après M. Douglas, le journal *Berg und Hüttenmännische Zeitung* proposa d'employer le convertisseur pour le cuivre et M. Raht prit un brevet pour transformer les mattes de cuivre avec un appareil Bessemer.

La même année en Autriche, Rittinger, célèbre par ses travaux sur la préparation mécanique des minerais, s'occupa également d'appliquer le Bessemer à la métallurgie du cuivre (1). Les essais interrompus, par la guerre austro-allemande, ne furent repris qu'en 1871 à Schmöllnitz. Mais au lieu d'un convertisseur on employa un four à réverbère où l'on soufflait de l'air par un tube (2).

Le four à réverbère a des avantages, notamment sa grande dimension et sa facilité de réparations; mais la chaleur ne peut s'y maintenir, comme dans le convertisseur, sans dépense de charbon.

Des essais fort intéressants ont été faits en Russie, dans l'Oural, au cours de l'année 1867. Il en a été rendu compte, en 1868, dans l'article déjà cité de l'*Oesterreichische Zeitschrift für Berg und Hüttenwesen.* Cet article était dû à M. Kupelwieser, Professeur à Leoben. En 1871, la revue allemande *Berg und Hüttenmännische Zeitung* (3) publia la traduction d'une longue étude parue dans le *Journal des*

(1) *Osterr. Zeitschrift für Berg und Hüttenwesens*, 1868.

(2) *Exposition de 1900, Catalogue des Sections autrichiennes, publié par le Commissariat général d'Autriche, Vol. VII.*

(3) *Berg und Hüttenmännische Zeitung*, 1871.

Mines russes du 5 mai 1870, et due à deux Ingénieurs des Mines russes, MM. Jossa et Laletin. Les auteurs y décrivent les expériences que fit faire M. Semennikow, directeur des usines de Bogoslovsk (Oural), d'abord à ces usines, ensuite à celles de Wotkinsk; ils concluent que la bessemérisation des mattes de cuivre à 30 0/0 est avantageuse et facile pour obtenir une matte riche, à 78 0/0, mais qu'il ne semble pas pratique d'obtenir au convertisseur du cuivre noir.

En France, M. Leclerc, en 1862, s'occupant du traitement des minerais de cuivre et, particulièrement, de ceux de la Mouzaïa, très arsénifères et antimoniaux, breveta un procédé où il insufflait de l'air pour obtenir le cuivre, et ensuite de la vapeur d'eau, pour affiner le métal et le débarrasser de l'arsenic et de l'antimoine.

Un ancien Membre de la Société, Tessié du Motay, dont tant de belles inventions, prématurées alors, furent reprises ensuite avec succès, s'occupa également de la question. Il le fit d'une façon indirecte, d'abord : il utilisait le gaz oxhydrique pour donner de la vapeur d'eau, qui produisait l'affinage du cuivre. (Brevet de décembre 1869.)

Quelques mois après, suivant une communication inédite de notre Collègue, M. Regnard, qui fut, dans bien des recherches, le collaborateur de Tessié du Motay, celui-ci fit, à l'usine de Commines, des essais se rattachant directement à la question qui nous occupe ici : « on faisait passer, dans des pyrites de cuivre fondues, des jets d'air très riche en oxygène, au moyen de tubes en fer. On obtenait des mattes très riches. »

D'autres de nos Collègues, MM. Laveissière ont pris, le 13 mai 1874, un brevet relatif à des « perfectionnements dans le raffinage et l'affinage des métaux autres que le fer ». Ils y proposent l'emploi du convertisseur Bessemer avec des gaz chauffés préalablement, oxygène, air, vapeur d'eau, etc.

Citons enfin, pour réunir les documents que nous avons pu nous procurer, une note de l'étude déjà citée de M. Douglas; cette note est la suivante : « D'après le rapport sur l'industrie des Mines et de la Métallurgie, publié à Tokio en 1893, il existe depuis longtemps au Japon le procédé Mabuki, consistant à convertir les mattes au convertisseur. Ce dernier ressemble au Bessemer à tuyères horizontales, breveté en 1862. » Cette citation de la publication japonaise montre combien les travaux faits en France par MM. David et Manhès ont été peu connus des Ingénieurs étran-

gers ; on s'en étonnera moins quand on saura que des métallurgistes de notre pays ont également, dans leurs publications, paru les ignorer.

A côté des essais plus ou moins probants qui précèdent et des faits plus ou moins précis qui en sont résultés, il y a lieu de citer d'une façon plus complète les études fort intéressantes que fit Hollway en 1878-79. Il prit un brevet en Angleterre en mars, et en France en mai 1878. Il poursuivait un problème très important mais très complexe ; il voulait utiliser le soufre même du minerai comme combustible, pour fournir la chaleur nécessaire à la fonte de ce minerai, et il avait en vue une *marche continue* au haut fourneau. S'il employa le Bessemer, c'était, comme le dit M. Pourcel dans l'étude citée précédemment (voir page 269) et à laquelle nous allons faire différents emprunts « parce que cet appareil se prêtait à toutes les observations scientifiques de l'analyse spectrale et de l'analyse chimique. »

Hollway fit une série d'expériences dans un convertisseur à acier de 6 *t*, où il soufflait l'air à une pression d'environ 95 *cm* de mercure. Il y versait de la matte, pauvre en cuivre, et parfois ajoutait pendant l'opération même un peu plus de la moitié du poids de quartz ; il obtenait de la matte et du silicate fondus. Il fit en même temps toute une série d'observations spectroscopiques ; il constata aussi que la température des gaz sortant de l'appareil s'élevait de 60 ou 70° à 700 ou 750° et même 800° du commencement à la fin de l'opération.

« Ces expériences prouvent que la fusion des pyrites et la concentration des sulfures de cuivre peuvent se faire dans le même appareil, presque simultanément, sans addition de combustible... Une portion notable du cuivre passe dans la scorie. Le convertisseur Bessemer ne permet pas de conserver la matte et de la concentrer à l'abri de l'oxydation. Le haut fourneau soufflé avec du vent chaud paraît devoir remplacer le Bessemer pour le traitement continu (1). »

La figure 2 est la reproduction de l'appareil auquel s'était arrêté Hollway ; le chargement se faisait, par une trémie, dans la cheminée de départ des gaz ; ceux-ci aboutissaient à des chambres de condensation, où ils devaient être récupérés. Le procédé en question avait, en effet, pour but de recueillir le soufre qui distillait et de transformer le gaz sulfureux en acide

(1) Pourcel. — *Loc. cit.*

sulfurique. Hollway vit plusieurs de ses expériences se terminer par la projection hors la cornue d'une partie et même de la presque totalité de la matière qui y était contenue.

En somme, il fit des expériences très intéressantes, dont il tira des conclusions scientifiques importantes, et il posa le problème qui est aujourd'hui devenu celui de la « Fusion pyritique ». Il est possible que, si les capitaux ne lui avaient pas fait défaut, il eût obtenu un résultat industriel.

Mais au point de vue pratique, s'il ouvrit la voie au procédé de la fusion pyritique, il arriva, au point de vue de l'emploi du convertisseur dans la métallurgie du cuivre, à des conclusions qui n'auraient pu que décourager de nouvelles tentatives.

Il est curieux de noter qu'à la suite de la communication qu'il fit à la « Society of Arts », il donna lecture d'une lettre de M. Hussey Vivian qui déclarait regarder le Bessemer comme absolument impraticable dans la métallurgie du cuivre.

D'autres recherches se poursuivaient en même temps que celles d'Hollway; c'est ainsi que dans sa communication à notre Société, M. Pourcel fit connaître les travaux de M. Arnaud Benigne pour transformer dans un Bessemer une matte pauvre de fer, nickel et cuivre, en une matte contenant 40 à 45 0/0 de cuivre.

En résumé, tous les résultats à cette époque s'étaient bornés à l'enrichissement de la matte.

La tuyère latérale.

Peu de temps après des essais furent faits, en France, à l'usine de Vedènes (Vaucluse), dont le propriétaire était M. Pierre Manhès et dont l'Ingénieur était M. Paul David; à la suite de ces essais, M. Manhès prit un brevet suivi bientôt de trois additions. Le brevet pour « un nouveau traitement direct » des minerais de cuivre et matières cuivreuses date du 26 mai 1880; « ce traitement est, dit-il, basé sur des réactions chimiques du même genre que celles qui se produisent dans le traitement de la fonte de fer par le procédé Bessemer, et quoique l'opération puisse être faite dans un four à creuset quelconque, j'emploie de préférence le convertisseur Bessemer tel qu'il est appliqué dans la métallurgie du fer ».

Un certificat d'addition du 31 mai 1880 est relatif à « la possibilité d'obtenir non seulement du cuivre brut, mais aussi du cuivre affiné », avec addition éventuelle de soufre ou de charbon.

Un certificat du 23 octobre 1880 s'occupe principalement « des corps dont l'introduction dans les matières à traiter serait de nature à entretenir la combustion moléculaire à la haute température nécessaire ». Ce sont : « trois corps : le manganèse, le silicium et le phosphore » qui, pratiquement, sont pris sous forme de « fontes de fer, riches en manganèse, silicium ou phosphore. »

En réalité, le problème n'était pas encore résolu. M. Paul David eut alors l'idée d'employer des tuyères horizontales.

Nous retrouvons ce fait capital dans le brevet du 9 février 1881 : « Toutefois, pour la complète réussite des opérations, il est utile de donner au convertisseur une disposition toute spéciale.... Elle peut varier dans ses détails, mais elle consiste simplement à laisser au-dessous du niveau des orifices des tuyères un espace libre où vient se rassembler le cuivre métallique à mesure qu'il se produit et où il est à l'abri du contact du vent froid, la capacité de cet espace devant toujours être égale et même supérieure à celle que doit occuper le cuivre métallique à retirer de l'opération. Ordinairement, pour atteindre ce but, je remplace les tuyères verticales, qui débouchent au fond de l'appareil Bessemer ordinaire, par des tuyères horizontales placées tout autour du convertisseur et débouchant à l'intérieur à la hauteur voulue. »

Les tuyères furent disposées de façon à permettre de les déboucher pendant l'opération, ce qui se fait en y poussant des broches en fer (*fig. 3 et 4*).

Le convertisseur à tuyère horizontale passa bientôt en Amérique; il fut acheté par la Parrot C°, dont le directeur était alors M. Peters, qui devait se faire connaître par la publication d'un ouvrage très répandu sur la métallurgie du cuivre. En 1884, trois convertisseurs furent installés à Butte City (Montana) pour la « Parrot Silver and Copper C° » par un Ingénieur, M. Vernis, et par des ouvriers envoyés de l'usine d'Éguilles.

Mais il fallait opérer avec ces convertisseurs toujours dans les mêmes conditions et avec des mattes de même composition, de façon que le cuivre formé occupe un égal volume au-dessous du niveau des tuyères.

De plus, on était obligé, avec des mattes pauvres de faire l'opération en deux fois : 1° déferrage de la matte bronze de façon à avoir une matte blanche à 75 0/0; 2° transformation de cette matte en cuivre....

Cette opération obligeait à la coulée de la matte blanche et à sa refonte au cubilot pour la passer une seconde fois au convertisseur.

C'est pour remédier à ces inconvénients qu'a été créé le convertisseur cylindrique breveté sous les noms de MM. Manhès et David (18 décembre 1883).

« Ce fut, dit M. Paul David, dans la notice citée plus haut, après deux ans d'usage de l'appareil primitif que nous construisîmes notre convertisseur cylindrique horizontal... C'est l'appareil qui a été employé partout depuis. Il a même eu l'honneur, ainsi d'ailleurs que notre type précédent, de donner lieu à diverses contrefaçons... »

Dans cet appareil, on traite *directement* en une seule opération des mattes dont la teneur peut descendre à 15 0/0 (1).

C'est un cylindre mobile autour de son axe ; suivant l'une de ses génératrices sont percées dix tuyères *(fig. 5 à 7).*

En faisant tourner l'appareil, on maintient toujours les tuyères au-dessus du bain de cuivre formé. De plus, pendant la coulée, les tuyères ne risquent pas de se boucher comme celles qui se trouvent noyées dans le convertisseur à axe vertical.

Convertisseurs étrangers.

L'appareil à tuyères horizontales, monté par le personnel d'Éguilles aux usines de la Parrott C°, a servi de type à un grand nombre d'autres. Mais, suivant le principe qui leur a permis d'obtenir des résultats si remarquables dans les diverses parties de la métallurgie, et grâce aux richesses de leur sol fournissant de grandes masses de minerais, les Américains ont fait des convertisseurs de beaucoup plus grandes dimensions que ceux de l'usine de Vedènes. Ils leur ont donné les noms des usines où ils étaient employés.

Une modification plus grande de l'appareil primitif est celle de Stalmann, qui a construit des convertisseurs à section carrée. L'appareil comporte quatre parois planes dont trois munies de tuyères et un fond concave.

Cette forme est illogique. En effet, le garnissage du convertisseur est forcément détruit dans l'opération, puisqu'il fournit à l'oxyde de fer formé la silice nécessaire à sa scorification. Par

(1) En Amérique, ce ne fut qu'en 1886 que Schumacher transforma en une seule opération des mattes n'ayant pas une teneur supérieure à 45 0/0. Peters, page 529.

conséquent, il est avantageux d'avoir une section circulaire plutôt qu'une section carrée pour que l'usure soit régulière. D'ailleurs, M. Peters nous apprend qu'après des essais étendus, l'usine de l'Anaconda est revenue au type rond.

Le convertisseur cylindrique, à cause de ses avantages, devait être appliqué aux États-Unis. C'est ce qui a eu lieu. M. Peters cite le convertisseur cylindrique le « Trough or Modified Leghorn » (1), introduit par M. Douglas à la Copper Queen Mine, à Bisbee (Arizona) et par M. Raht au Colorado.

On ne voit pas pourquoi lui donner des noms spéciaux, car ce n'est pas autre chose que le convertisseur cylindrique breveté en 1883 par MM. Manhès et David.

Nous indiquerons enfin le convertisseur avec tuyères inclinées à 45°; la description qui en a été donnée en 1892 nous apprend qu'il exigeait encore à cette époque, dans les usines de Bogoslovsk, la marche compliquée comportant deux passages successifs dans deux appareils différents.

Le Sélecteur.

Le procédé du convertisseur, tel qu'il vient d'être exposé, présente sur la méthode anglaise des avantages considérables au point de vue de la durée des opérations; nous reviendrons sur cette comparaison avec détails; mais la méthode anglaise conserve une supériorité dans sa variante dénommée *Selecting process*.

Ce procédé consiste essentiellement dans la séparation du cuivre produit en deux parties : l'une, dite *bottom*, contient, sous un petit volume, une proportion importante des impuretés parmi lesquelles il faut signaler l'or qui s'y rassemble d'une façon complète; l'autre partie est formée du cuivre purifié par suite de l'élimination des impuretés passées dans les *bottom*.

Comment réaliser cette opération dans le convertisseur?

C'est le problème qu'a cherché à résoudre M. Paul David; en même temps, il se proposait de perfectionner le convertisseur, et il y est arrivé en construisant l'appareil qui a réalisé le *Selecting process*, et qu'il a appelé le *Sélecteur*. Nous consacrons plus loin, à ce dernier, un chapitre spécial.

(1) Des convertisseurs cylindriques analogues à ceux d'Éguilles furent d'abord installés aux usines de la Societa Metallurgica italiana, à Livourne (*Leghorn*, en anglais).

Installations diverses.

En 1889, MM. Manhès et David avaient vu appliquer leurs appareils dans les usines suivantes (1) :

Éguilles (France); Parrot Copper C°, à Butte-City (États-Unis); Vivian and Sohn, à Swansea (Angleterre); Compagnie de Lota (Chili); Société Métallurgique, à Livourne (Italie); Mines de Röros et Mines de Bratsberg (Norvège); Société de Jerès-Lanteira (Espagne).

Depuis cette époque, des installations nombreuses ont eu lieu dans un très grand nombre de pays. Sans prétendre les énumérer toutes, nous citerons celles faites en Russie, au Caucase et dans l'Oural (dont il a été parlé plus haut); au Chili, en Tasmanie, au Japon, au Mexique et surtout aux États-Unis. Dans ce dernier pays, d'après M. Douglas, il y a trente-huit installations, dont trente en marche normale qui produisent par an près de 160 000 *t* de cuivre.

D'autres usines sont en construction, notamment en Espagne, en Serbie et au Japon; dans ce dernier pays, on a adopté le sélecteur.

On conçoit bien le développement continu du convertisseur quand on compare son emploi à celui du four à reverbère dans la méthode anglaise, où théoriquement les réactions sont les mêmes (2).

Cette comparaison est facile à faire sur les schémas des figures 19 et 20; la première est relative au traitement de la méthode galloise, d'après Leplay (3); la seconde se rapporte au traitement d'un minerai qui, entre autres impuretés, contient de l'or; le sélecteur permet de récupérer ce métal par un nombre d'opérations extrêmement petit et qui diminuerait encore si le minerai ne contenait pas beaucoup de pyrite de fer et n'avait pas besoin d'être grillé.

(1) Manhès. — *Loc. cit.*

(2) Le procédé James et Nicholl donne lieu également aux mêmes réactions; mais pour ne pas trop étendre le cadre de cette étude, nous le laisserons de côté; pour la même raison, nous n'insisterons pas sur le procédé Thofehrn et de Saint-Seine, breveté le 4 avril 1900.

(3) Leplay. *Loc. cit.*

IV — Théorie de l'opération.

Les réactions qui se produisent dans le convertisseur sont les mêmes que celles qui ont lieu au four à réverbère dans la méthode anglaise, pour la fusion des mattes et le rôtissage de la matte blanche ; et, en somme, le convertisseur fournit le moyen de réaliser, avec un seul appareil, et dans un temps très restreint, des opérations qui nécessitent des fours à réverbères nombreux et des traitements fort longs.

Rappelons les réactions élémentaires qui se produisent sur la matte fondue qui est un composé complexe de sulfures de fer et de cuivre. Le sulfure de fer est oxydé et transformé, d'une part, en gaz sulfureux qui se dégage de l'appareil, d'autre part, en oxyde de fer qu'on élimine par combinaison avec de la silice, sous forme de silicate.

Les réactions sont les suivantes :

$$\mathrm{FeS} + 3\mathrm{O} = \mathrm{FeO} + \mathrm{SO}^2$$

$$x\mathrm{FeO} + \mathrm{SiO}^2 = x\mathrm{FeOSiO}^2$$

On coule cette scorie et il reste dans l'appareil une matte blanche se rapprochant, quand l'opération a été bien conduite, de la formule $\mathrm{Cu}^2\mathrm{S}$, qui correspond à une teneur de 79,8 0/0 en cuivre.

On conçoit que le cuivre ne s'oxyde pas en même temps que le fer, tant qu'il reste du soufre, à cause de la grande affinité du cuivre et du soufre. Néanmoins, un peu de cuivre peut s'oxyder et produire une scorie cuivreuse, d'après les réactions :

$$\mathrm{Cu}^2\mathrm{S} + 3\mathrm{O} = \mathrm{Cu}^2\mathrm{O} + \mathrm{SO}^2$$

$$x\mathrm{Cu}^2\mathrm{O} + \mathrm{SiO}^2 = x\mathrm{Cu}^2\mathrm{OSiO}^2$$

Composition des Scories. — On distingue deux sortes de scories provenant du convertisseur :

1° Les scories dont la quantité est de beaucoup la plus importante, qui sont bien fondues et que l'on coule du convertisseur ;

2° Les scories pâteuses qui, après le départ des précédentes, restent sur le bain, et qu'on ne peut enlever que par un écumage. Leur proportion n'est souvent que très faible, environ 5 0/0.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
SiO^2	41,90	36,80	37,08	34,00	27,60	35,40	36,78	34,35	34,64	32,60	36,62	37,84	26,00	37
FeO	48,06	50,40	55,04	59,26	57,34	55,04	58,62	61,95	62,04	69,54	55,04	55,16	58,88	62
Al^2O^3.		6,80											2,20	
CaO		trace												
ZnO		3,60						0,39						
Nickel							0,28	0,76	0,56	0,99	0,56	2,02		
Plomb								1,51						
Soufre														
Cuivre	1,00	1,00	0,7	1,6	5,3	4,4	3,09	2,87	4,36	4,12	6,84	4,94		
Argent en onces à la tonne.		0,7					0,20	0,11						

I Scories siliceuses et pâteuses des usines Parrot, traitement d'une matte à 55 0/0 (Peters).
II Scories fondues des usines Parrot (Peters).
III et IV Scories fondues (Bellinger).
V Scories épaisses chaudes (Bellinger).
VI Scories épaisses froides (Bellinger).
VII et VIII Teneurs extrêmes des scories de première coulée dans le traitement d'une matte contenant en moyenne : cuivre, 54 0/0 ; fer, 21,3 0/0 ; soufre, 21,9 0/0 (Douglas).
IX et X Scories de seconde coulée pour les mêmes mattes (Douglas).
XI et XII Scories écumées sur le bain après le départ des précédentes (Douglas).
XIII Scories de déferrage du sélecteur (usine d'Éguilles).
XIV Composition théorique du protosilicate $2FeOSiO^2$.

La teneur des premières varie, dans les exemples réunis dans le tableau ci-dessous, de 32,60 de silice pour 69,54 d'oxyde de fer à 36,80 de silice pour 50,40 d'oxyde de fer; notons, d'ailleurs, que dans cette dernière scorie, l'alumine entre pour une proportion importante.

La teneur en cuivre est très variable; elle descend à 0,7 0/0 et atteint 4,4 0/0. Cette faible teneur de 0,7 0/0 semble d'ailleurs exceptionnelle; d'après M. Peters, la moyenne de la teneur des scories, aux usines Parrot, a été, pour une année, de 1,16 0/0 de cuivre, et 0,6 onces d'argent. En général, la teneur est beaucoup plus élevée; elle dépasse souvent plusieurs centièmes, mais on ne s'en occupe pas quand on refond les scories.

Cette refonte des scories est particulièrement avantageuse quand l'usine de conversion fait en même temps la fusion pour mattes; les scories servent en effet de fondant et agissent à la fois physiquement et chimiquement.

Le tableau précédent donne une série d'analyses de scories.

Étude thermochimique.

Les mattes contiennent souvent beaucoup d'autres corps que le cuivre, le fer et le soufre; ces corps varient suivant la nature des minerais; ce sont notamment de l'arsenic, de l'antimoine, du bismuth, de l'étain, du zinc, du plomb, du nickel, du cobalt, de l'argent et de l'or.

On peut chercher, à priori, comment se comporteront ces impuretés. Pour cela il est utile d'examiner les quantités de chaleur correspondant aux divers éléments, de façon à appliquer le *principe du travail maximum.*

Nous aurons d'ailleurs besoin, plus loin, de données analogues; aussi nous réunirons dans un même tableau tous les nombres qui seront utiles au courant de cette étude.

Remarques. — I. — Le tableau contient une série de colonnes; la première donne le nom des corps simples; la deuxième la formule type des composés qu'un même corps peut produire, avec un élément R qui sera ici soit l'oxygène, soit le soufre; la troisième colonne fournit les quantités de chaleur dégagées par l'oxydation des corps simples, en donnant des oxydes plus ou moins riches en oxygène; la quatrième colonne du tableau s'applique aux sulfures de la même façon que la précédente aux

oxydes ; enfin la dernière colonne est la différence entre les chiffres des deux précédentes.

CORPS SIMPLE	FORMULE TYPE DU COMPOSÉ	CHALEUR DÉGAGÉE — OXYDES	CHALEUR DÉGAGÉE — SULFURES (précipités)	DIFFÉRENCE des deux dernières COLONNES
Soufre	SR^2	+ 69,2		
	SR^3	+ 91,8		
Carbone	CR	+ 29,4		
	CR^2	+ 97,6		
Silicium	SiR^2	+ 219,2		
Arsenic	As^2R^3	+ 154,6		
	As^2R^5	+ 219,4		
Antimoine	Sb^2R^3	+ 167,4	+ 34,0	133,4
	Sb^2R^5	+ 228,8		
Bismuth	Bi^2R^3	+ 137,8		
Manganèse	MnR	+ 94,8 hydraté	+ 45,2	49,6
	MnR^2	+ 116,2 —		
Fer	FeR	+ 69,0 — voisin de 69,0 anhydre	+ 23,8	45,2
	Fe^2R^3	+ 191,2 hydraté		
Nickel	NiR	+ 61,4 —	+ 19,4	42,0
Cobalt	CoR	+ 64,0 —	+ 21,8	42,2
Zinc	ZnR	+ 83,6 —	+ 43,0	40,6
		+ 86,4 anhydre		
Plomb	PbR	+ 53,4 hydraté	+ 17,8	35,6
		+ 51,0 anhydre		
Cuivre	Cu^2R	+ 42,0 —	+ 20,2	19,8
	CuR	+ 40,4 hydraté	+ 10,2	30,2
		+ 38,0 anhydre		
Étain	SnR	+ 69,8 hydraté		
	SnR^2	+ 135,8 —		
Argent	Ag^2R	+ 7 anhydre	+ 3,0	4,0
Or	Au^2R^3	+ 11,2		

II. — Les nombres de calories s'appliquent au cas où les composants et composés sont pris dans leur état actuel à + 15°. De plus une partie des chiffres relatifs aux sulfures ne sont fournis que pour des composés hydratés.

Nous ne serons pas dans ces conditions pour les calculs qui vont suivre ; les résultats ne seront donc qu'approximatifs ; néanmoins ils éclaireront beaucoup la question.

III. — La colonne qui se rapporte aux quantités de chaleur d'oxydation montre nettement ce qui a été dit au commencement,

c'est-à-dire la facilité du traitement au convertisseur, de la fonte par rapport aux mattes de cuivre, grâce aux 219 calories que chaque atome de silicium dégage en brûlant.

IV. — On adopte souvent dans les traités de métallurgie les chiffres de Favre et Silbermann; ils sont moins exacts que ceux de ce tableau qu'ont fournis des travaux plus récents.

Applications. — Si nous appliquons les chiffres du tableau aux réactions précédentes, nous avons :

$$\underset{+\,23{,}8}{FeS} + 3O = \underset{+\,69}{FeO} + \underset{+\,69{,}2}{SO^2} \qquad +\,114{,}4$$

$$\underset{+\,10{,}2}{CuS} + 3O = \underset{+\,38{,}0}{CuO} + \underset{+\,69{,}2}{SO^2} \qquad +\,97{,}0$$

$$\underset{+\,20{,}2}{Cu^2S} + 3O = \underset{+\,42{,}0}{Cu^2O} + \underset{+\,69{,}2}{SO^2} \qquad +\,91$$

Il est donc naturel que ces réactions se produisent dans le convertisseur, dès qu'on envoie de l'air dans les sulfures fondus.

Quant à la chaleur de formation des silicates, elle n'a pas encore été mesurée ; ceci est très regrettable pour l'étude des réactions métallurgiques.

Néanmoins il est facile de concevoir que le cuivre ne se scorifie pas tant qu'il reste du soufre dans la masse, car ce soufre quitte le fer pour transformer en sulfure de cuivre l'oxyde au moment où il se produit.

Les réactions sont les suivantes :

$$\underset{+\,38{,}0}{CuO} + \underset{+\,23{,}8}{FeS} = \underset{+\,10{,}2}{CuS} + \underset{+\,69}{FeO} \qquad +\,17{,}4$$

$$\underset{+\,42{,}0}{Cu^2O} + \underset{+\,23{,}8}{FeS} = \underset{+\,20{,}2}{Cu^2S} + \underset{+\,69{,}0}{FeO} \qquad +\,23{,}4$$

Passons maintenant à la dernière période de l'opération, celle où le sulfure Cu^2S se transforme en cuivre.

La réaction finale est la suivante :

$$\underset{+\,20{,}2}{Cu^2S} + 2O = 2Cu + \underset{+\,69{,}2}{SO^2} \qquad +\,49$$

elle est fortement exothermique et il est naturel qu'elle se produise.

Mais elle ne semble pas se produire directement, et on admet qu'il se produit des réactions analogues au *rôtissage* de la méthode anglaise.

$$\begin{array}{lll} Cu^2S + 2Cu^2O = 3Cu + SO^2 & & -35,0 \\ +20,2 + 2 \times 42 & +69,2 & \end{array}$$

Cette réaction est endothermique. Ceci explique que dans la méthode anglaise, après avoir laissé la matière s'oxyder, on redonne un coup de feu. Dans le convertisseur la masse se réchauffe à chaque instant par la formation même de l'oxyde.

$$\begin{array}{lll} Cu^2S + 3O = & Cu^2O + SO^2 & +91 \\ +20,2 & +42,0 + 69,2 & \end{array}$$

Multiplions cette seconde équation par 2 et ajoutons-la à la première, nous aurons :

$$3Cu^2S + 3Cu^2O + 6O = 3Cu + 2Cu^2O + 3SO^2$$

qui devient après simplification l'équation précédemment écrite

$$Cu^2S + 2O = 2Cu + SO^2.$$

En terminant remarquons que la masse peut encore gagner de la chaleur par suite de la formation de la scorie.

Métaux étrangers. — Une partie des métaux étrangers disparaît par suite d'un phénomène physique : la volatilisation (1).

Les anhydrides arsénieux (As^2O^3) et antimonieux (Sb^2O^3) se volatilisent. En effet, le premier passe à l'état de vapeur, sans fondre à 200° ; le second fond au rouge et se sublime ; il peut, au contact de l'air, donner le peroxyde Sb^2O^6.

Le zinc peut se volatiliser, car la température du convertisseur est supérieure à 1000° ; ses vapeurs s'oxydent et l'oxyde, très léger, *lana philosophica*, est entraîné.

Une partie du plomb disparaît également à l'état de vapeur.

(1) Points de volatilisation :

		Dans le vide.
Acide arsénieux	200°	»
Antimoine	432°	»
Cadmium	770°	»
Zinc	930°	184°
Plomb	?	360°
Étain	?	360°

La Sélection. — Les données thermochimiques permettent de se rendre compte de l'élimination et de la sélection des métaux étrangers.

L'élimination se fait pour une partie par scorification. Si l'on examine le tableau de la page 000, on voit que tous les corps qui y figurent, en passant de l'état de sulfure à celui d'oxyde, dégagent plus de chaleur que le cuivre ; on conçoit donc qu'ils s'oxydent les premiers; ils se scorifient ensuite ; tels l'étain, le zinc, le plomb, l'antimoine, le manganèse.

D'ailleurs, l'oxydation et la scorification des métaux étrangers ne se font pas d'une façon complète et ceux-ci restent en partie dans la matte blanche.

La sélection se produit pendant le traitement de la matte blanche ; au fur et à mesure que le cuivre prendra naissance, il précipitera de leurs sulfures ceux qui dégagent moins de chaleur que lui par la réaction :

$$MS + 2Cu = M + Cu^2S$$

et

$$M^2S^3 + 6Cu = 2M + 3Cu^2S.$$

On voit donc que les sulfures de nickel, de cobalt, de plomb, d'argent et d'antimoine doivent se décomposer. On comprend, par suite, qu'une très petite masse de cuivre rassemble une grande proportion de ces métaux.

Cette précipitation des métaux a été jadis brevetée à bien des reprises et notamment par deux Ingénieurs en chef des mines, Beudant et Benoit, pour purifier les mattes de l'arsenic et de l'antimoine, au moyen du fer ou du plomb.

Quant à l'étain, au bismuth et à l'or, nous ne les avons pas cités parce que les nombres qui s'y rapportent ne sont pas connus. Comme on l'a vu plus haut, l'étain s'est scorifié pour la plus grande partie; ce qui reste est entraîné en proportion notable dans le bottom ; la proportion de bismuth entraîné est moindre ; quant à l'or, il peut y passer en totalité (1).

On conçoit que l'épuration par sélection ne soit pas complète ; en effet, la matte fondue a une certaine viscosité et les différentes matières ne viennent pas au contact l'une de l'autre

(1) Ce procédé de sélection est très vieux ; des notes manuscrites de 1743 indiquent le moyen de faire du « best », ce qu'on a appelé ensuite le « best selected ». On trouve cette note dans le *Traité de Métallurgie* de PERCY ; cet ouvrage contient également une série de renseignements intéressants sur la purification des mattes par précipitation, la formation du bottom et la séparation de l'or. L'admirable monographie de LEPLAY est aussi à consulter.

pour réagir, malgré l'agitation produite. D'autre part, la masse du bottom que l'on produit joue un rôle très important.

Des recherches fort intéressantes sur la sélection ont été faites par M. Allan Gibb (1). Il a opéré sur des produits provenant les uns de fours à réverbère employés dans une marche industrielle, les autres de creusets servant à des opérations de laboratoire; ces produits étaient des mattes de cuivre contenant de l'étain, de l'antimoine, de l'arsenic, du bismuth et de l'or; il a déterminé les quantités de métal entraînées par des bottoms de différents poids.

Le tableau suivant résume les résultats obtenus :

Nom du métal.	Poids du bottom 0/0 du cuivre total.	Quantité de métal contenu dans le bottom 0/0 de la quantité totale de ce métal.
—	—	—
Or	8,2	41,54
—	14,4	100
Argent	19	42,9
Étain	20,6	93,4
Antimoine	8,2	21,0
—	17,3	80,8
—	47,5	93,7
—	54,5	92,6
Bismuth	8,2	11,1
—	16	43,1
—	47,5	47,6
Arsenic	8,2	21,5
—	16,0	30,6
—	25,2	60,2
Nickel	8,2	8,0

L'influence des combinaisons produites par les différents métaux a été mise en évidence par les expériences suivantes:

Le nickel qui, d'après le tableau précédent, ne se concentre que peu dans le bottom, y passe en grande quantité, quand il est en présence d'arsenic.

Exemple : Un bottom représentant les 19 0/0 en poids du

(1) Allan Gibb. — *Institution of Mechanical Engineers, 1895.*

cuivre total, contenait 17,7 0/0 de l'arsenic total, et 47,9 0/0 du nickel total; au contraire, l'arsenic et le nickel empêchent la concentration de l'argent.

Quant au fer, il facilite la concentration de l'antimoine et de l'argent dans le bottom.

D'où la conclusion de M. Allan Gibb : « La proportion de cuivre séparé sous forme de bottom ne doit pas dépasser 20 0/0 du cuivre total qui se trouve dans la charge totale; une plus forte proportion aurait pour effet, non seulement de diminuer la quantité de métal obtenu, mais encore de nuire à sa pureté. »

Quantité de chaleur dégagée dans la réaction.

Il n'est pas encore possible avec les données numériques que fournit la physique de calculer d'une façon rigoureuse la quantité de chaleur dégagée dans une opération au convertisseur pour cuivre, pas plus, d'ailleurs, que dans aucune autre opération métallurgique et notamment dans la conversion de la fonte en acier. On ne possède, en effet, les chaleurs spécifiques que d'un très petit nombre de corps composés et cela dans des intervalles de température très restreints; or celles-ci varient énormément avec les températures, comme le montrent les tableaux figurant plus loin. Pour les chaleurs latentes de fusion, les données sont encore moins nombreuses.

Malheureusement il existe ainsi beaucoup de lacunes dans les données physiques; on s'est depuis trente ans préoccupé surtout d'obtenir des valeurs de plus en plus précises de nombres qui avaient déjà été déterminés et on a laissé de côté des mesures qui, même approchées, rendraient dans l'étude critique des procédés industriels des services considérables.

Il est à souhaiter que la physique industrielle, ainsi comprise, revienne à la route que lui avaient tracée des hommes tels que Péclet et Grüner; et que des recherches, semblables aux leurs, soient reprises, en tenant compte des progrès de la science. Actuellement, c'est donc aux expériences faites il y a plus de 25 ans par Grüner qu'il faut encore en revenir en métallurgie, pour compléter les mesures des physiciens.

L'ensemble des données utiles à cette étude est réuni dans deux tableaux. Le premier donne les chaleurs spécifiques d'un certain nombre de corps entre 0° et 300°, d'après Dulong et Petit, et, pour quelques-uns, d'après Regnault.

CORPS	CHALEURS SPÉCIFIQUES	
	de 0° à 100°	à 300°
Fer	0,1098	0,1218
Cuivre	0,0949	0,1013
Verre	0,1770	0,1900
Soufre	0,1776	0,2025
Oxyde de cuivre (CuO)	0,1420	»
Sulfure de fer (FeS)	0,1357	»
Oxygène	0,2175	»
Air	0,2374	»
Azote	0,2438	»
Acide sulfureux	0,1544	»
Acide carbonique	0,2024	0,2170

Le second tableau contient les résultats des expériences faites par M. Pionchon (1) sur différents métaux, à des températures élevées. Ces expériences sont très précises et, notamment, mettent en évidence les changements d'état du fer, du nickel et du cobalt.

TEMPÉRATURES	FER	NICKEL	COBALT	ÉTAIN	ARGENT
0°	0,110	0,108	0,105	»	0,057
200°	»	0,117	»	»	»
250°	»	0,130	»	0,0579	»
350°	»	0,157	»	»	»
400°	»	0,126	»	»	»
600°	0,199	»	»	»	»
660°	0,244	»	»	»	»
700°	0,324	»	»	»	»
800°	»	»	0,192	»	»
900°	»	»	0,196	»	0,080
De 720° à 1 000°	0,218	»	»	»	»
1000°	»	0,166	»	»	»
1100°	»	»	0,212	0,075	»
De 1 050° à 1 200°	0,198	»	»	»	»

(1) Pionchon. — *Recherches calorimétriques sur les chaleurs spécifiques et les changements d'état aux températures élevées*

Supposons une matte bronze, répondant à la formule FeS, Cu^2S, c'est-à-dire contenant :

{	Cu. . . .	30,00
	S	7,63
{	Fe. . . .	39,73
	S	22,63
		99,99

Après combustion du fer et du soufre, il restera une matte cuivreuse de formule Cu^2S.

Pour écrire les chaleurs fournies et enlevées, nous ferons une série d'hypothèses :

1° L'appareil est imperméable à la chaleur;

2° La chaleur produite par la combinaison de l'oxyde de fer avec la silice n'entrera pas en ligne de compte, pas plus que la chaleur absorbée par suite de l'augmentation de température que prend le garnissage : cela revient à admettre que les deux quantités de chaleur sont égales; pratiquement, l'erreur commise ainsi ne doit pas être considérable, étant donné que les deux quantités ne sont ni l'une ni l'autre très importantes;

3° La chaleur contenue dans la matte est prise égale à 270 calories, chiffre moyen de Grüner; la température est d'environ 1 000° ;

4° La chaleur spécifique du cuivre est celle que donne le calcul appliqué à 1 000°, en supposant que l'augmentation trouvée entre 100 et 300° continue proportionnellement au delà. D'où le chiffre 0,13; de même pour le fer 0,21 et le soufre 0,28;

5° On néglige la température initiale de l'air, et on admet que sa température finale est celle du bain fondu X.

L'azote s'échauffe donc de 0 à X°.

Pour l'oxygène, on distingue deux portions que le manque de données numériques empêche de traiter de la même façon : l'une est l'oxygène nécessaire à la combustion du fer; on le regarde comme entrant en ligne de compte dans les scories; l'autre est l'oxygène qui donne le gaz sulfureux; on admet qu'il s'échauffe à la température de la matte 1 000°, et qu'à partir de là c'est le gaz sulfureux qui s'échauffe jusqu'à X°;

6° Le chiffre adopté pour les scories sera de 380 calories, c'est-

à-dire l'un des plus élevés de ceux du tableau de Grüner, à cause de la haute température produite dans l'opération.

Quant à la composition des scories, nous admettons qu'elle est semblable à celle des scories d'Eguilles ; la quantité sera de 850 *kg*.

7° La chaleur spécifique est supposée constante pour l'oxygène et l'azote. En effet, d'après les expériences de Regnault, la chaleur spécifique de l'air ne varie pas entre 0 et 300°. Au contraire, le célèbre expérimentateur a trouvé que celle de l'acide carbonique varie beaucoup de 0° à 300° (voir le tableau I). Nous admettrons, d'une part, que la variation reste proportionnelle au-dessus de 300°, et, d'autre part, que pour l'acide sulfureux, analogue à l'acide carbonique, les variations sont semblables : le calcul proportionnel donnera ainsi vers 1 000° une chaleur spécifique de 0,21 ;

8° La température de la matte blanche, au moment où on fait le soufflage, est prise égale à 1 100°, pour tenir compte du refroidissement qui se produit pendant l'écoulement des scories;

9° En appliquant la loi de Wœstyn aux valeurs des chaleurs spécifiques du fer, du soufre et du cuivre aux environs de 1 000° (Fe = 0,21 ; S = 0,28 ; Cu = 0,13), on aura, en regardant les mattes comme des composés à formule définie, les valeurs suivantes de la chaleur spécifique :

Matte bronze Cu^2S, FeS.	0,19
Matte blanche Cu^2S	0,16

Il ne faut pas se dissimuler que beaucoup de ces hypothèses ne doivent pas être conformes à la réalité : nous avons du moins cherché à bien les mettre en lumière pour qu'il soit possible de les remplacer par des faits, au fur et à mesure que des expériences fourniront ceux-ci.

On aura, en faisant les calculs sur 1 *kg* de matte :

Transformation de la matte bronze en matte blanche :

Chaleur fournie.

1° Chaleur contenue dans la matte.	270 *c*
2° Combustion de FeS :	
la réaction dégage 114,4 calories, donc pour 0,623 *kg* on aura	809
	1 079

Chaleur enlevée.

1° Par la matte blanche fondue :

$0,376 \times 0,16\ (X - 1\,000)$	$0,060\ X - 60$

2° Par les scories :

0,850 *kg* $\times$ 380.	$+\ 323$

3° Par le gaz sulfureux :

0,226 (oxygène) $\times$ 0,218 $\times$ 1 000 +	
0,452 (acide sulfureux) $\times$ 0,21 (X — 1 000)	$0,095\ X - 46$

4° Par l'azote :

pour 0,397 *kg* de fer. . .	0,372 d'azote	
pour 0,226 S	0,755	
	1,127	
$1,127 \times 0,243 \times X =$.		$0,274\ X$
		$0,429\ X + 217$

D'où, si l'on écrit que la chaleur enlevée est égale à la chaleur fournie :

$$0,429\ X + 217 = 1\,079$$

$$X = 2\,009^{\circ}.$$

Ce chiffre est bien supérieur à celui que l'on obtient en réalité.

Parmi les causes qui abaissent la température, il faut citer l'excès d'air.

Recommençons le calcul en tenant compte de cet excès d'air.

Soit une opération au sélecteur avec 1 500 *kg* de matte bronze. Nous considérons que le soufflage pour la transformation en matte blanche dure 50 minutes. Ce chiffre est plus fort que le chiffre indiqué plus loin pour une opération courante ; mais nous avons relevé sur l'opération particulière, où nous avons mesuré la température, une durée supérieure à 40 minutes. En outre, dans le calcul théorique qui précède, relatif aux quantités de chaleur dégagées, nous avons supposé que tout le fer est brûlé dans la première période, tandis qu'en pratique on s'arrête avant d'avoir atteint ce résultat : il nous paraît donc légitime de majorer la valeur de la durée théorique de l'opération et d'adopter 50 minutes.

La quantité d'air, passant par minute, est d'environ 50 m^3, on a donc envoyé 2500 m^3 d'air, soit 3233 *kg*.

Pour ces 1500 *kg*, la quantité théorique aurait été de :

$$14{,}6 \times 1500 = 2190 \; kg.$$

On a donc fait passer en excès une quantité d'air égale à :

$$3233 \times 2190 = 1043 \; kg.$$

Ces 1043 *kg*, en admettant toujours qu'ils prennent la température finale X, auront donc enlevé une quantité de chaleur égale à :

$$1043 \times 0{,}237 \times X = 247 X.$$

Pour un 1 *kg* de matte ce sera 0,164X.
Portons ceci dans l'équation ci-dessus, nous aurons :

$$0{,}429X + 0{,}164X + 217 = 1079$$
$$X = 1450^{\circ}.$$

Ce chiffre est très sensiblement différent de celui qui est fourni par l'expérience et qui est de 1260°, comme on le verra plus loin.

Pour important que soit cet écart entre les deux chiffres, tout ce qui précède nous semble néanmoins montrer l'intérêt de calculs, qui deviendront de plus en plus précis, en même temps que les mesures des chaleurs spécifiques et des chaleurs de fusion deviendront plus nombreuses.

Au point de vue expérimental, des mesures ont été faites sur des convertisseurs de la Nichols Chemical C° par M. Bush, étudiant au collège de Colombie. M. Howe, l'éminent professeur de ce Collège, en a communiqué les résultats à M. Douglas.

Ces résultats sont les suivants :

	1re expérience :	*2e expérience :*
1er soufflage. . . .	1234 à 1393°	1090 à 1305°
Après soufflage . .	1220 à 1239°	1192 à 1164°

De notre côté, nous avons cherché à mesurer cette température à la fonderie d'Eguilles, par un procédé tout à fait simple.

Dans une petite boite en fer, on place des montres fusibles de Sœger, employées pour mesurer la température des fours à porcelaine. On plonge la boite dans le bain fondu. Nous avons ainsi constaté que la température des bains de matte blanche après

l'écumage des scories est inférieur à 1 310° et supérieur à 1 200°.

Nous avons plus tard entrepris à la même fonderie et au Laboratoire de physique de l'École Centrale (1), une série d'expériences que nous espérons poursuivre.

Pour nous borner ici aux températures, nous dirons que nous avons employé un pyromètre optique Mesuré et Nouel, contrôlé au moyen d'un pyromètre thermo-électrique Le Châtelier, en relation avec un galvanomètre Siemens. Nous avons constaté dans le Sélecteur les températures suivantes :

Avant le soufflage de la matte bronze	1 016°
Pendant le soufflage de la matte bronze (maximum).	1 260°
A la fin de l'opération	1 200°

D'ailleurs le tableau de la page 299 fournit la suite des températures observées pendant les diverses périodes de l'opération.

Remarques. — Certains points, relatifs à ce tableau, doivent donner lieu à des remarques.

I. — Sur ce tableau, comme dans tout le cours de cette étude d'ailleurs, nous avons distingué deux phases : matte bronze, matte blanche.

On pourrait considérer une phase de plus, en intercalant entre les formations de la matte bronze et de la matte blanche celle de la matte bleue.

II. — D'après le tableau, la matte, au moment où on la coule du waterjacket, où elle a été obtenue par la fusion des minerais, a une température d'environ 1 000°. Notons, en passant, que cette température est souvent dépassée.

En tous cas, la matte se refroidit dans le canal, qui l'amène dans l'intérieur de l'appareil où elle doit être soufflée. Mais quand ce dernier appareil a servi à une opération précédente (c'est-à-dire a atteint une température finale d'environ 1 200°), il peut réchauffer la matte.

Ceci explique que la seconde détermination de la température soit plus élevée que la première (1 016° au lieu de 1 000°).

(1) Nous avons pu les entreprendre grâce à la bienveillance de notre ancien Président, M. Paul Buquet, Directeur de l'École Centrale des Arts et Manufactures, et de M. J. Chappuis, Professeur de physique à la même École ; qu'il nous soit permis de leur exprimer ici tous nos remerciements.

Nous devons remercier également notre Collègue, M. Charles Rousselle et son associé M. Tournaire, qui ont mis gracieusement à notre disposition un pyromètre thermo-électrique de Le Châtelier, avec un galvanomètre d'une sensibilité remarquable, provenant de la maison Siemens.

III. — La température, mesurée sur le cuivre du bottom, au moment de sa coulée, est inférieure à toutes les autres températures observées.

C'est là un fait qui peut surprendre, aussi l'avons-nous vérifié sur plusieurs opérations différentes.

On ne conçoit pas, au premier abord, que la température s'abaisse pendant le soufflage de la matte blanche pour remonter ensuite.

Il y a là un fait qui, pour se reproduire régulièrement, n'en est pas moins accidentel, en ce sens qu'il n'est pas dû aux réactions mêmes, se produisant dans l'appareil. En voici l'explication d'après M. Vuigner.

Pour faire le bottom, on commence par couler toute la scorie ferreuse; il en résulte une diminution de l'épaisseur du bain. Une fois la scorie coulée, au lieu de remettre l'appareil dans sa position normale de soufflage, on le fait travailler dans une position inclinée, la poche étant en dessous : le but est de réchauffer toute la portion de l'appareil autour de cette poche et de son petit canal de coulée et, par suite, de fondre le cuivre, qui aurait pu y rester figé, d'une opération précédente. Dans cette position, la hauteur du bain, au-dessus des tuyères, est faible ; la machine soufflante, dont la marche ne varie pas, envoie un excès d'air et le bain se refroidit.

Lorsqu'on a coulé le bottom, on redresse l'appareil, l'air traverse toute la masse et la température remonte.

Temps en minutes.	Périodes de l'opération.	Températures en degrés centigrades.
	Première phase. — Matte bronze.	
0	Coulée de la matte bronze, sortant du waterjacket.	1 000°
5	Matte à l'intérieur du sélecteur.	1 016°
10	Après cinq minutes de soufflage.	1 110°
20	Après une première coulée de scories	1 220°
30	Après une deuxième coulée de scories.	1 260°
50	Après une troisième coulée de scories.	1 230°
	Deuxième phase. — Matte blanche.	
65	Cuivre du bottom pendant sa coulée.	1 100°
75	Pendant le soufflage de la matte blanche . . .	1 140°
80	Coulée du cuivre	1 200°

V. — **Pratique de l'opération.**

Différentes phases.

Dans le chapitre « Aperçu historique », on a décrit les différents types de Convertisseurs. Avant de revenir sur leurs détails, il y a lieu d'indiquer les notions générales qui s'y rapportent.

Les appareils sont tous revêtus intérieurement d'un épais garnissage siliceux qui sert à la scorification du fer; les matières premières nécessaires à ce garnissage et la main-d'œuvre qu'exige sa confection constituent une part fort importante de la dépense totale.

Une fois le garnissage terminé et séché, on amène l'appareil sous une hotte destinée au départ des fumées et on y verse de la matte fondue. A chaque opération, par suite de l'usure du garnissage, la capacité intérieure et subséquemment sa charge augmentent.

Après qu'on a versé de la matte dans le convertisseur, on y insuffle le vent, puis on le bascule; la pression du vent est toujours assez élevée, mais varie beaucoup avec les types d'appareils; elle est, en effet, en relation directe avec la hauteur du bain de matte fondue que l'air doit traverser.

La force motrice nécessaire à la compression de cet air est avec le garnissage le facteur le plus important du prix de revient de l'opération, quand on ne dispose pas d'une force hydraulique.

Dès que le vent passe dans l'appareil il se produit des fumées abondantes et épaisses dues au départ du zinc et du plomb ; elles forment des nuages blancs avec des flammes colorées en vert et rouge ; au bout d'un certain temps, les fumées s'éclaircissent, et la flamme devient bleuâtre ; la couleur de la flamme indique le moment où il faut couler les scories ; si on va trop loin, il se produit un clapotement et des projections. Cela tient à la production de peroxyde de fer qui empâte la masse ; la preuve, comme M. Vuigner nous l'a fait remarquer, est qu'en ajoutant un peu de charbon dans la masse on lui rend sa fluidité.

Au moment voulu, on bascule l'appareil, on arrête le vent et on coule les scories dans des pots, puis on redonne le vent et on redresse l'appareil. La coloration de la flamme varie alors suivant la température de la charge ; si celle-ci est froide, elle est rougeâtre ; si elle est chaude, elle est d'un blanc rosé mélangé de bleu, et elle devient rouge à mesure que la température se refroidit.

On reconnaît que toute la matte s'est transformée en cuivre

quand les globules projetés hors de l'appareil n'adhèrent plus aux parois de la hotte ; ce sont alors des globules non plus de matte, mais de cuivre.

Pour couler le cuivre on opère comme pour couler les scories, si ce n'est qu'on incline davantage l'appareil afin de le vider ; on amène au dessous un train de lingotières. Les lingots de cuivre sont ensuite soumis à l'affinage.

L'affinage électrolytique se développant de plus enplus, surtout en Amérique, on s'y préoccupe de faire passer, sans refonte préalable au réverbère, le cuivre du convertisseur aux cuves d'électrolyse, c'est-à-dire de le mouler de suite en anodes. Nous n'insisterons pas ici sur cette question, qui se rattache directement à l'électrolyse.

Une fois le cuivre coulé, on répare le garnissage en jetant aux endroits dégradés des boulettes de pisé réfractaire et y appliquant les petites masses de celui-ci au moyen de râbles.

Cette opération doit durer peu de temps, afin que l'appareil ne se refroidisse pas et reste rouge. On y verse alors une nouvelle charge et on commence une nouvelle opération.

Dans un assez grand nombre d'usines, après la première coulée des scories, on ajoute une seconde charge de matte bronze à la matte blanche déjà obtenue. On continue le traitement comme précédemment.

Après un certain nombre d'opérations, le garnissage a besoin d'être complètement refait ; on a donc le soin d'avoir un appareil tout préparé, sec et chaud, pour être mis en marche au moment voulu.

Ceci oblige à avoir une batterie composée de plusieurs appareils ; le nombre minimum est de 3. Ce nombre varie un peu avec les types d'appareils, avec le mode de réfection et avec la qualité du garnissage, mais il est surtout en relation directe avec la richesse de la matte et avec sa teneur en fer.

Garnissage

Pour ménager le garnissage on a essayé d'insuffler du sable fin par les tuyères. Ce procédé n'a pas réussi. Il a notamment l'inconvénient d'aveugler les ouvriers quand on débouche les tuyères, pour y passer les broches de nettoyage ; de plus, la majeure partie du sable est entraînée par le courant gazeux.

On peut avec des mattes très ferreuses jeter des minerais quartzeux en morceaux. Il est avantageux d'utiliser des minerais

très quartzeux et contenant un peu d'or, principalement quand on emploie le sélecteur.

Les fondeurs américains qui se sont si bien trouvés du Water-jacket dans les fours de fusion ont voulu l'appliquer au convertisseur. C'est une idée qui semble peu heureuse ; en tous cas on l'a reconnue impraticable et elle ne cesserait de l'être que si l'on avait trouvé le moyen d'ajouter la silice directement. Il faut en effet rendre l'oxyde de fer fusible et pour cela le faire passer à l'état de silicate.

La même raison fait qu'il est impossible de scorifier le fer dans un convertisseur à garnissage basique ; mais il serait possible de traiter avec un semblable garnissage la matte blanche ; des essais ont été faits dans ce but avec un certain succès pour traiter des mattes très antimonieuses. Il y a dans la pratique un inconvénient, c'est la nécessité de transvaser la matte du convertisseur acide dans le convertisseur basique.

Un garnissage basique pourrait peut-être aussi servir à l'affinage en y ajoutant un corps pouvant maintenir la température, comme du carbure de calcium.

Le garnissage se fait d'une façon courante avec du sable et de l'argile. On emploie de 3 à 4 de sable pour 1 d'argile. Lorsqu'on n'a pas de sables siliceux on emploie des roches siliceuses (quartz ou grès) ; celles-ci doivent être écrasées mais non pas réduites en poudre trop fine.

L'argile doit être liante ; il n'est pas indispensable qu'elle soit réfractaire.

Le tableau suivant donne quelques compositions d'argile :

	ARGILE DE BOLLÈNE employée à Eguilles	ARGILE employée à Butte (Montana)		ARGILE employée à Anaconda
SiO^2	67,31	69,70	64,02	66,00
Al^2O^3	24,40	15,20	16,02	18,50
Fe^2O^3 . . .	—	7,36	4,90	4,37
MgO	—	0,38	trace	—
CaO	—	trace	2,39	—
Na^2O	—	4,11	—	—
K^2O	—	2,63	—	—
H^2O	—	0,66	—	8,40

Le garnissage, une fois placé dans l'appareil, est séché à l'air, puis il est cuit ; pour cela on remplit la cavité qu'il forme de combustible ; au fond, on met du bois ou du charbon de bois, au-dessus du coke et on fait passer un peu du vent de la soufflerie. Cette cuisson est importante pour la durée du garnissage ; elle entre pour une part parfois considérable dans le prix de revient.

Teneur des mattes traitées.

La teneur des mattes traitées est très variable. On peut les diviser en trois catégories :

1° Mattes riches, ayant plus de 45 0/0 ; c'est le cas dans beaucoup d'usines des États-Unis ;

2° Mattes de 30 à 45 0/0 ; c'est une teneur normalement adoptée aux usines d'Éguilles ;

3° Mattes au-dessous de 30 0/0 et pouvant descendre à 20 et 15 0/0 ; on a opéré dans ces conditions à Éguilles pendant un certain temps avec le convertisseur cylindrique ; c'est une marche exceptionnelle.

Quelle est la marche la plus avantageuse ? Cela dépend essentiellement des circonstances. On a déjà dit que le garnissage et la force motrice sont les deux facteurs les plus importants du prix de revient ; s'ils sont d'un coût peu élevé, on peut traiter des mattes pauvres, sinon il faut enrichir celles-ci.

Les moyens d'enrichir les mattes sont :

1° De faire, avant la fusion, un grillage oxydant avec les appareils ordinaires : cases, stalles, kilns, fours à réverbère. L'opération ne doit pas être poussée trop loin, car il faut laisser du soufre comme combustible et il ne faut pas avoir trop d'oxyde de fer à scorifier au four à manche ;

2° D'employer la fusion pyritique, quand le minerai est suffisamment riche en soufre. Pour de la pyrite de fer massive contenant du cuivre, ce procédé apparaît comme le meilleur, au point de vue théorique du moins. Nous n'y insisterons pas ici, nous proposant de lui consacrer une étude spéciale.

Pertes a la conversion.

Les pertes, en dehors des projections accidentelles, ont deux causes :

1° Le passage du métal dans les scories; nous en avons parlé plus haut;

2° L'entraînement de poussières avec les fumées et les gaz.

Cet entraînement semble devoir augmenter avec l'intensité de la pression dans le convertisseur.

Il doit croître également avec la température; en effet, les métaux volatils peuvent entraîner avec eux des métaux plus fixes. On connaît notamment les inconvénients du zinc, à ce point de vue, dans la métallurgie du plomb. Le plomb semble avoir la même action vis-à-vis de l'argent. Il ne serait donc pas étonnant qu'il en soit de même vis-à-vis du cuivre.

La condensation pour ces vapeurs est plus facile que pour celles qui sortent du four à manche à atmosphère réductrice; en effet, au convertisseur, les métaux volatils et oxydables tels que le zinc s'oxydent à la partie supérieure de l'appareil, de sorte qu'à une petite distance ce sont, non plus des vapeurs métalliques qu'il faut condenser, mais des oxydes à l'état solide qu'il suffit de précipiter.

Il en résulte qu'un refroidissement des gaz ou une addition d'eau n'ont pas d'utilité sauf pour l'argent peut-être.

C'est la condensation sèche qui est généralement employée, c'est-à-dire un ralentissement de vitesse suffisant pour que les particules solides puissent obéir à la pesanteur.

Ce ralentissement s'obtient par les procédés ordinaires: changements de section produisant des remous ou surfaces frottantes.

Une filtration analogue à celle du procédé Lewis et Bartlett donnerait sans doute de bons résultats, mais le coût d'un semblable système comme installation et surtout comme entretien est encore peu connu.

Avec des minerais riches en argent, l'emploi de la condensation humide pourrait être recommandable.

En tous cas, voici les résultats admis :

D'après M. Peters, la perte en cuivre est de 1 à 1,5 0/0; celle en argent atteint 2 à 2,5 0/0; celle en or est nulle.

M. Hixon donne des résultats assez voisins; il admet que la perte en cuivre est de 2 à 3 0/0 du cuivre contenu dans le convertisseur, et à cause d'incertitudes de déterminations plus probablement de 2 0/0; il admet la perte en argent comme inférieure à 1 0/0.

Le même auteur indique d'ailleurs que les pertes peuvent être

beaucoup plus grandes; c'est ainsi que, dans une usine essai installée à Anaconda, les pertes en cuivre ont atteint 4 0/0 et celles en argent 5 0/0.

A Eguilles, M. Vuigner estime que la perte en cuivre par volatilisation n'atteint jamais 2 0/0 et qu'elle est largement comptée à 1 0/0; que la perte en argent ne dépasse pas 4 0/0, et qu'elle est souvent supérieure à 2 0/0 quand il y a du plomb et de l'antimoine; que d'ailleurs les chambres de condensation permettent de recueillir le cuivre et l'argent entraînés.

VI. — **Différents types d'appareils et de traitements.**

Convertisseurs verticaux.

Ces convertisseurs dérivent directement du type primitif créé à l'usine de Vedènes. Cet appareil est représenté figure 3. L'air arrive par l'un des tourillons et descend dans une couronne d'où partent les tuyères. En face de chacune d'elles une ouverture permet de passer des broches destinées à les déboucher.

Le convertisseur Stalmann (*fig. 8*) est une mauvaise combinaison du convertisseur vertical et du convertisseur cylindrique; il a, comme ce dernier, une ligne de tuyères au-dessus d'un fond concave; il a, en outre, deux lignes de tuyères latérales dont l'utilité est problématique; en tous cas, comme nous l'avons déjà dit plus haut, son garnissage de forme carrée le rend irrationnel et l'a fait abandonner.

Sans y insister davantage, parlons des convertisseurs verticaux des États-Unis. Ils sont de grandes dimensions et exigent, par suite, une manœuvre mécanique.

Leur hauteur varie de 2,60 *m* à 4,80 *m*; leur diamètre extérieur de 1,50 *m* à 2,44 *m*. Leur charge, conséquemment, est très variable; dans les plus petits, la charge initiale est de 1,15 *t* et la charge finale de 4 *t*; dans les plus grands, les charges minima et maxima sont respectivement de 4,5 *t* et 18 *t*.

La pression du vent est à peu près proportionnelle à la hauteur; elle varie, en effet, de 57 à 90 ou 100 *cm* de mercure.

Aux États-Unis, on regarde comme normales les dimensions suivantes : un diamètre de 1,80 *m* à 2 *m* et une hauteur de 3,30 *m* à 3,60 *m*; un semblable appareil pèse 15 *t* et fournit en moyenne 4,50 *t* de cuivre par opération.

Dans des usines à forte production, il semble, en effet, avan-

tageux d'avoir de grands appareils, du moins avec des mattes riches. M. Hixon préconise un diamètre de 2,10 *m* et une hauteur de 3,95 *m*.

Un inconvénient des grands convertisseurs est le coût élevé de l'usine, notamment à cause de la machine soufflante et des appareils mécaniques pour manœuvrer des poids qui peuvent atteindre 40 *t*. En outre, le garnissage est plus difficile à maintenir dans les grands appareils et peut donner lieu à des fuites d'air importantes.

Ces grands convertisseurs sont formés de plusieurs parties réunies par des clavettes ou des boulons. Autrefois on les construisait en fonte, ce que rien ne justifiait; on les fait actuellement en tôle. On leur donne le mouvement de rotation au moyen d'un pignon engrenant avec une crémaillère horizontale ou le plus souvent verticale; celle-ci reçoit son mouvement d'un piston hydraulique.

Pour refaire le garnissage, on transporte les appareils à un atelier spécial. Ce transport se fait soit au moyen d'un pont roulant, soit au moyen de chariots munis d'un piston hydraulique permettant d'élever le convertisseur à la hauteur voulue pour le mettre en place.

La figure 21 représente, d'après M. Hixon, le convertisseur de l'usine d'Anaconda. Il est formé de deux parties munies l'une et l'autre d'oreilles; celles-ci sont reliées par des clavettes à une collerette dont la section est en forme d'U. Cette collerette porte les tourillons dont l'un, évidé, livre passage à l'air qu'un tuyau latéral amène à la boîte à vent. Cette collerette est réunie aux deux parties constituant le convertisseur, les points d'attache se trouvent sur les oreilles de façon à les réunir.

Exemples de traitement.

Nous avons pensé qu'au lieu de longues descriptions, obligeant à des redites, il serait plus pratique de réunir tous les renseignements se rapportant aux divers traitements et installations sous forme d'un tableau d'ensemble (voir page 314). Dans les colonnes verticales on peut suivre le traitement d'une usine d'un bout à l'autre autant que le permettent les renseignements fournis à son sujet; sur les lignes horizontales on trouve les chiffres se rapportant à une même donnée. Dans ces conditions, nous

n'aurons donc qu'à citer ici quelques chiffres et quelques faits saillants.

C'est ainsi qu'il est intéressant, au moins au point de vue historique, de donner comme exemple de traitement avec le convertisseur vertical, celui qui a été appliqué primitivement. L'appareil avait 18 tuyères ; on déferrait la matte dans une première opération, puis on coulait la matte enrichie à 75-80 0/0 de cuivre dans des lingotières et on la refondait au cubilot pour la passer une seconde fois au convertisseur.

Ce traitement a été installé, comme on l'a vu plus haut, aux usines de la Parrot C°, à Butte (Montana) ; il y a été ensuite ramené à une seule opération, comme on le faisait en France depuis 1883.

Les mattes de Butte City ont une teneur de 55 0/0 de cuivre et 0,213 d'argent; elles sont refondues dans un cubilot avec 7,5 à 10 0/0 de leur poids de coke ; ce cubilot fond 60 tonnes de matte par 24 heures. Les mattes y sont chauffées bien au-dessus de leur point de fusion pour compenser le refroidissement qui se produit dans la coulée.

Les convertisseurs des Usines de la Parrot C° ont servi de types pour d'autres installations dans le Montana.

On trouvera dans le tableau quelques renseignements s'y rapportant ainsi qu'aux installations faites avec le convertisseur Stalmann aux anciennes Usines d'Anaconda et à celles de Mount-Lyell.

CONVERTISSEURS CYLINDRIQUES.

Le convertisseur cylindrique installé à Eguilles, en 1883, a permis de traiter en une seule opération des mattes dont la teneur pouvait descendre jusqu'à 15 0/0. Cet appareil comportait 10 tuyères. Il avait une longueur de 1,45 *m* et un diamètre de 1,44 *m*. La première charge n'était que de 600 *kg*, la dernière pouvait atteindre 3 tonnes. La pression du vent était d'environ 30 *cm* de mercure. L'appareil était monté sur un chariot permettant de l'amener auprès des fours où coulait la matte.

Les dessins de la planche 19 *(fig. 5, 6 et 7)*, représentent un petit convertisseur cylindrique du type jadis employé à Eguilles. Il était monté sur un chariot permettant le déplacement facile jusqu'au four où coulait la matte, puis sous la hotte pendant le soufflage, enfin à l'atelier de garnissage.

Les appareils employés en Amèrique sont tout à fait analogues, mais leurs plus grandes dimensions nécessitent comme pour les convertisseurs verticaux :

1° La rotation de l'appareil par la commande d'une crémaillère mue par un piston hydraulique ;

2° Le transport de l'appareil soit au moyen d'un pont roulant, soit au moyen de petits chariots, pouvant passer entre les galets sur lesquels est maintenu l'appareil une fois en place, et munis d'un piston hydraulique pour élever l'appareil à la hauteur voulue.

Comme exemple, citons le convertisseur cylindrique de l'Usine de la Copper Queen C° qui a une longueur de 2,44 *m* et un diamètre de 1,73 *m* ; il est muni de 11 tuyères ; sa charge initiale est de 1,8 *t*, sa charge maxima de 4,5 *t* ; la pression du vent est de 29 *cm* de mercure.

La faiblesse de la pression qui résulte de ce que les tuyères peuvent être rendues voisines de la surface du bain est importante au point de vue de la consommation de force motrice nécessaire à la compression. On s'est préoccupé d'abaisser encore la pression du vent : on pourrait alors recourir à des ventilateurs au lieu de machines soufflantes, ce qui diminuerait considérablement le coût d'installation ; les essais n'ont pas été, jusqu'ici, couronnés de succès.

Les convertisseurs cylindriques se sont, comme il était naturel, beaucoup répandus. On en trouvera dans le tableau de nombreux exemples.

Le sélecteur.

Le sélecteur a une forme sphérique ; ses tuyères sont placées non plus latéralement comme dans les convertisseurs à cuivre précédents, mais dans le fond de l'appareil, de façon que le vent traverse toute la masse, comme dans les convertisseurs Bessemer ; seulement elles sont inclinées suivant les génératrices d'un hyperboloïde de révolution, de telle sorte que le vent donne à la matière fondue un mouvement de giration.

Une série de dispositifs ingénieux permettent, en outre, de réaliser les perfectionnements que M. Paul David, mieux que tout autre, pouvait juger utiles aux convertisseurs.

Passons-les rapidement en revue :

1° La matte est constamment brassée et par suite les particules peuvent passer devant les tuyères et s'y oxyder ; de plus, elle est constamment traversée, dans toute son épaisseur, par le vent qui arrive du fond ; ce sont là deux causes qui raccourcissent la durée de l'opération ;

2° L'oxyde de fer qui se combine à la silice du garnissage attaque celui-ci sur tous ses points et d'une façon uniforme ; d'où prolongation de sa durée ;

3° L'inclinaison des tuyères empêche les crachements hors de l'appareil ;

4° Comme il n'y a pas à craindre seulement les crachements, mais aussi les bavures de matière fondue pendant la coulée, on a décentré l'appareil et on a disposé le gueulard et le trou de coulée du bottom de telle façon que tous les organes de manœuvre soient à l'abri des bavures.

5° A côté de ces différents avantages l'appareil en a un autre qui lui a valu son nom ; c'est qu'il permet de réaliser la sélection. Nous avons exposé plus haut la théorie de celle-ci.

Comme cas particulier de la sélection, il y a la réunion de l'or dans le bottom.

On a vu que dans un bottom de 14,4 0/0 tout l'or contenu se concentre. Quel doit être le poids du bottom aurifère, en présence de métaux divers, plomb, antimoine, arsenic ? C'est une question à résoudre dans chaque cas particulier.

Cette concentration de l'or a pour un certain nombre de minerais une importance considérable.

Voici les calculs de M. Paul David à ce sujet : « Supposons, dit-il (1), un minerai à 10 0/0 de cuivre, qui renfermerait seulement 0,1 *g* d'or aux 100 *kg*, il y aura donc à la tonne de minerai 100 *kg* de cuivre et 1 *g* d'or, donc à la tonne de cuivre 10 *g* d'or.

» Si on traitait cette tonne de cuivre par l'électrolyse, pour en retirer ces 10 *g* d'or, on aurait une dépense de 50 *f* pour un produit de 30 *f*, par conséquent une perte sèche de 20 *f*.

» Tandis qu'avec le sélecteur, on pourra concentrer les 10 *g* d'or dans 10 *kg* de cuivre et quand on traitera celui-ci à l'électrolyse, on aura, pour cette même dépense de 50 *f* par tonne de

(1) Paul DAVID, *loc. cit.*

cuivre électrolysé, un produit de 3000 *f*, soit 2950 *f* de bénéfice, au lieu de la perte constatée dans le premier cas. »

Dispositifs divers. — L'appareil est muni d'un trou de coulée latéral qui permet de couler le bottom.

Dans les types primitifs on avait réservé des poches spéciales, assez volumineuses ; la pratique a montré qu'il suffisait d'un dispositif extrêmement simple : on creuse le garnissage en forme de cuvette et on perce dans celle-ci un trou de coulée.

La disposition géométrique des tuyères est obtenue également très facilement.

En effet, au-dessous des tuyères est une boite à vent dont la paroi extérieure porte une série de petits tubes ayant 7 *cm* de long et convenablement inclinés ; on peut y passer des broches. Une fois le garnissage de l'appareil terminé, et pendant qu'il est encore humide on y fait pénétrer les broches qui percent ainsi les tuyères ; on enlève les broches au moment de la mise en marche, elles servent également pendant l'opération même pour déboucher les tuyères.

Quant au garnissage, il est facile à faire grâce à la forme de l'appareil ; un homme peut y pénétrer et y travailler.

Le trou de coulée du bottom se bouche avec un tampon de bois recouvert de terre.

L'appareil est soutenu au moyen d'une ceinture qui roule sur des galets.

Étant donné son petit volume, il est monté sur un chariot, ce qui rend le chargement très facile.

Pendant le soufflage, il se produit des mouvements de la masse fondue qui déterminent des vibrations ; il faut donc que l'appareil d'amenée d'air ait une certaine élasticité ; on emploie un tuyau flexible en acier ; le joint de celui-ci avec le tourillon creux du sélecteur est fait au moyen d'un cuir embouti.

Traitement de l'usine d'Eguilles.

Nous allons décrire une opération telle qu'elle se pratique actuellement à Eguilles avec le sélecteur.

Les minerais sont passés dans des water-jackets et la matte fondue ayant une teneur moyenne de 35 0/0 de cuivre est amenée par une goulotte au sélecteur.

Le sélecteur préalablement chauffé est amené devant cette goulotte, de façon que celle-ci y pénètre. On fait alors couler la

charge en l'arrêtant avant qu'elle monte jusqu'aux tuyères; on bouche le trou de coulée du water-jacket avec un tampon d'argile; on enlève la goulotte et on amène l'appareil au-dessous de la hotte sous laquelle il doit se trouver pour le soufflage. Cette opération prend environ 5 minutes.

On réunit le tourillon creux du sélecteur avec le tuyau d'arrivée d'air qui vient du compresseur; on donne le vent et on redresse l'appareil.

Les phénomènes de désulfuration et de scorification du fer précédemment décrits se produisent. La durée de cette opération est naturellement très variable suivant la teneur en fer de la matte et suivant aussi le poids de la charge; elle est en moyenne de 20 à 25 minutes.

La proportion de scorie obtenue dépend de la teneur en fer de la matte; à titre d'exemple nous pouvons citer une matte à 39,30 0/0 de cuivre qui a donné 88 0/0 de son poids de scorie contenant 4,90 0/0 de cuivre; une autre à 43,6 0/0 a donné seulement 51 0/0 de son poids de scorie, contenant 3,55 0/0 de cuivre.

La scorie est coulée dans des pots placés au-dessous de l'appareil; elle est en général très fluide; une légère couche pâteuse est enlevée au moyen d'un râble; la durée de cette opération est d'environ 5 minutes.

La matte blanche qui reste dans l'appareil contient environ 72 à 76 0/0 de cuivre.

Le sélecteur est mis dans la position de soufflage, la poche en dessous, ce qui permet de réchauffer cette portion de l'appareil et de fondre le cuivre et la matte qui auraient pu rester figés dans la poche.

Au bout d'un temps variable d'environ 10 minutes, on a formé un bottom qui a entraîné tout l'or et une partie plus ou moins importante des métaux étrangers. C'est la pratique qui règle le moment d'arrêt.

Quand celui-ci est atteint, on fait tourner l'appareil, de façon qu'il occupe une position inverse de celle qu'il avait au commencement et que la poche soit à la partie inférieure. Le métal fondu, plus lourd que la matte vient s'y réunir; pour obtenir une séparation bien complète, on laisse au repos deux ou trois minutes, puis on fait le soutirage du bottom. Cette opération prend cinq minutes. On continue alors le soufflage pour obtenir le cuivre noir.

La composition du bottom est très variable; elle est d'environ 94 0/0 de cuivre et de 6 0/0 d'impuretés.

Le tableau suivant donne les résultats de deux opérations au sélecteur, dont l'une avec du cuivre fortement argentifère.

	MATTE BRONZE		SCORIES MATTE		BOTTOM MATTE		CUIVRE MATTE	
	ARGENTIFÈRE	PEU ARGENTIFÈRE	ARGENTIFÈRE	PEU ARGENTIFÈRE	ARGENTIFÈRE	PEU ARGENTIFÈRE	ARGENTIFÈRE	PEU ARGENTIFÈRE
Poids total *kg*	1 015	1 180	888	610	49	52	328	458
Cuivre. . . .	399	515	43,51	18,3	42,93	48,90	312,7	447,55
Argent . . .	1,533	0,2162	0,288	traces	0,197	0,026	1,052	0,1902
Or	0,008	0,00234	traces	pas	0,008	0,00234	pas	pas

La durée d'une opération pour 1 200 *kg* de matte, ayant une teneur de 25 à 35 0/0, est résumée par le tableau :

Chargement de la matte	5	minutes.
Soufflage (scorification du fer)	20 à 25	—
Coulée de la scorie ferreuse et écumage.	5	—
Soufflage du bottom.	5	—
Coulée du bottom	5 à 10	—
Soufflage (formation du cuivre)	15 à 25	—
Coulée du cuivre pur	5	—
TOTAL	60 à 80	minutes.

La durée augmente avec la quantité de matte à traiter.

A Eguilles, le soufflage pour la transformation de la matte bronze en matte blanche est souvent plus long parce qu'on ajoute des déchets métalliques et résidus cuivreux dans le sélecteur.

Enfin pour terminer nous donnons un tableau détaillé, dont nous avons déjà parlé page 306, au commencement de ce chapitre.

INSTALLATION.

Un atelier de convertisseurs pour cuivre comporte une série d'appareils connexes : four pour la fusion de la matte, machine soufflante ; souvent des appareils de manœuvre mécanique.

La matte qu'on coule dans les convertisseurs peut être de première ou de deuxième fusion.

Dans le premier cas, on emploie soit des fours à cuve, à water-

jacket, soit de grands fours à réverbère ; dans le deuxième cas, on se sert de cubilots ou de fours à réverbère.

Les convertisseurs recoivent la matte, soit directement par une goulotte, partant des fours où elle est fondue, soit par l'intermédiaire d'une poche de coulée que porte un chariot ou un pont roulant.

Toutes les fois que cela est possible, il y a intérêt à faire couler directement la matte du four de traitement des minerais au convertisseur, sans passer par l'intermédiaire d'un cubilot de refonte. Cette dernière opération consomme en effet beaucoup de coke et peut majorer le prix de revient d'une façon énorme dans les pays où le combustible est cher (soit 20 *f* pour 1 tonne ou 43 0/0 du prix de revient à Anaconda, d'après M. Hixon).

L'avantage que certains métallurgistes trouvent à cette disposition est que les convertisseurs ont plus de chance d'être alimentés régulièrement et n'ont jamais à attendre la matte, ce qui aurait l'inconvénient non seulement de faire perdre du temps, mais de laisser refroidir l'appareil.

Par la refonte, la teneur de la matte peut s'élever d'environ 3 0/0, parce qu'on la débarrasse complètement des scories et qu'on brûle une partie du soufre.

Dans une fonderie bien organisée et ayant une marche régulière, les fours de fusion des minerais sont conduits de façon à fournir sans arrêt de la matte aux convertisseurs ; et par suite la refonte n'existera pas.

On a vu plus haut les dispositifs employés pour transporter les convertisseurs à l'atelier où se fait le garnissage puis pour les placer sur leurs bâtis une fois qu'ils sont garnis.

Le nombre d'appareils constituant une batterie est très variable.

Aux États-Unis, avec de grands convertisseurs et des mattes riches, on compte qu'il faut, par batterie, au moins trois appareils pour un en marche, et quatre quand la matte a une teneur en cuivre inférieure à 50 0/0.

A Eguilles, où l'on traite des mattes de teneurs variables et parfois peu élevées, ou marche avec cinq et même sept appareils, (autrefois convertisseurs cylindriques, actuellement sélecteurs).

Les figures 17 et 18 représentent le plan et la coupe de l'Usine d'Eguilles avec le sélecteur ; rien d'ailleurs n'y a été changé lorsque ce dernier appareil a remplacé le convertisseur cylindrique. Grâce à ce fait que chaque appareil est léger et monté sur chariot, l'installation est extrêmement simple. Il n'y a aucun

	1	2	3	4	5
Teneur 0/0 en cuivre de la matte	25-50	26-30	30-55	50-60	50-6…
Batteries de convertisseurs	2 de 3	1 de 5	1 de 7	1 de 3	1 de…
Vertical, cylindrique, mixte (Sthalmann), sélecteur	V.	C.	S.	V.	V.
Diamètre ou côté, en mètres	1,40	1,40	1,50	—	1,5…
Hauteur ou longueur, en mètres	2,00	2,00	—	—	2,5…
Charge initiale, en kilogrammes	1,000	1,500	1,000	1,000	1,1…
Charge finale, en kilogrammes	—	3,000	3,000	2,000	4,0…
Durée totale de la conversion, en minutes	—	—	40-80	75	90
Nombre de tuyères	18	10	10	—	16
Pression du vent en centimètres de mercure	25-30	20-30	30-40	35-50	37
Quantité d'air à la minute par appareil, en mètres cubes	—	—	50	—	37
Quantité de garnissage par tonne de cuivre, en kilogrammes, en moyenne	—	—	250	—	250
Tonnes de cuivre par appareil, en 24 heures	4	—	3-8	—	15
Force motrice pour la soufflerie, en chevaux-vapeur	—	—	80	200	100
Nature de la force motrice	Eau	Eau	Eau	Vap.	Vap.
Cuivre obtenu (teneur en cuivre 0/0)	98-99	98-99	98-99,5	98	99,…
Cuivre obtenu (teneur en argent 0/0)	—	—	—	0,28	0,3…

1° Usines d'Éguilles (Vaucluse). Ancienne installation.
2° — — — —
3° — — (sélecteur). Nouvelle —
4° — de Parrot (Butte, Montana, E. U.) Ancienne installation.
5° — — — Nouvelle —
6° — de Jerès Lanteira (Province de Grenade, Espagne).
7° — de Bogolowsk (Russie).
8° — de Röros (Norvège).
9° — d'Anaconda (Montana, E. U.). Ancienne installation.

6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
25	60-64	30	55-60	55-60	35	51	50	45-50	56	50	50-52
1 de 4	2 de 4	—	1 de 3	4 de 3	1 de 2	—	2 de 3	—	—	—	1 de 3
C.	V.	C.	M.	V.	C.	C.	V.	C.	C.	C.	C.
1,40	—	—	1,50	1,83	2,44	1,73	2,14	1,73	1,27	—	—
—	—	—	2,44	3,04	4,88	2,44	3,96	2,44	2,44	—	—
1,200	—	1,000	1,400	3,180	2,040	1,800	4,540	—	—	—	—
—	—	—	4,000	7,720	18,000	4,540	10,000	—	—	—	—
40	90-120	60	45-70	—	—	90	—	—	60-97	—	—
11	—	—	10	16	—	11	18	—	—	—	—
26-30	25-30	38	30-40	67	92-100	29	82	—	—	—	30-35
100	—	—	—	62	—	—	—	—	—	—	—
400	—	—	650	—	—	—	—	418	550	—	309
5-6	—	—	15	—	16	18	—	—	14	4-5	4-5
—	—	—	90	106	250	—	110	—	—	—	110
Vap.	Eau	Eau	Vap.	Vap.	Vap.	—	Vap.	—	—	—	Eau
99,5	96	99,2	99	99,15	97,2	98,5	99	—	98-99	96-98	98-99
—	—	—	0,23-0,34	0,23	1	—	—	—	0,14-0,36	—	—

10° Usines d'Anaconda (Montana, E. U.). Nouvelle installation.
11° — d'Aguas Calientes (Mexique).
12° — de Copper Queen (Arizona, E. U.).
13° — de Great Falls (Butte, Montana, E. U.).
14° — de Détroit Copper (Arizona, E.U.).
15° Exemple cité par M. Douglas.
16° Usines de Lota (Chili).
17° — de Maitenes (Chili).

appareil de manœuvre mécanique et il suffit de voies de garage sur lesquelles sont placés les appareils dont le garnissage est en réfection.

Sur les figures 15 et 16 sont données les dispositions de l'usine de la Parrot C° d'après M. Peters. La matte est refondue dans un cubilot et coulée par une rigole. Celle-ci est maintenue par une tige verticale qui s'attache à une grue d'applique.

Trois convertisseurs sont placés sur un arc de cercle ayant pour centre le cubilot; leurs fumées vont dans trois hottes aboutissant chacune à un carneau. En général deux appareils fonctionnent simultanément.

Les figures 13 et 14 représentent une installation américaine, de la maison Fraser et Chalmers, avec convertisseurs cylindriques.

La matte est fondue dans un four à réverbère et versée dans une poche qu'un chariot, roulant sur une voie en contrebas, amène dans la halle des convertisseurs. Là, cette poche est prise par un pont roulant et manœuvrée pour faire couler la matte dans les convertisseurs. On voit, sur le plan, des appareils avec garnissage neuf et montés sur chariots, qui attendent d'être mis en service au moment voulu.

Les figures 22 et 23 sont extraites de la série importante des dessins publiés par M. Hixon sur la nouvelle fonderie d'Anaconda.

Les minerais à une teneur de 6,5 0/0 sont grillés dans des fours à réverbère, puis fondus dans des water-jackets à section rectangulaire. Les conditions dans lesquelles la fonderie a été installée n'ont pas permis de couler directement la matte. Celle-ci est donc refondue dans une série de six cubilots placés en ligne au-dessus des convertisseurs. Ces derniers sont au nombre de douze, soit deux par cubilot. On a été amené à basculer les convertisseurs du côté opposé au cubilot et par suite à employer, pour couler la matte, une rigole en deux tronçons dont l'un partant du cubilot, est droit et l'autre, placé dans son prolongement, est formé de deux branches pouvant aboutir à chacun des appareils voisins.

Les convertisseurs sont manœuvrés par un pont roulant et déposés dans la partie de la halle où a lieu la réfection des garnissages. De petites voies servent à des chariots portant les lingots de cuivre noir.

Les fumées qui sortent des convertisseurs passent dans de grandes chambres de dépôt de 2,70 *m* de haut et de 2,10 *m* de large, qui, après avoir suivi toute la longueur du bâtiment,

aboutissent à une cheminée traînante, montant le long d'une colline voisine et terminée par une cheminée de 25 *m* de haut.

PRIX DE REVIENT ET FRAIS DE PREMIER ÉTABLISSEMENT.

Prix de revient de 1 tonne de cuivre. — Le prix de revient relatif à l'obtention d'une tonne de cuivre dépend avant tout de la teneur de la matte et augmente plus que proportionnellement à l'inverse de celle-ci ; en effet moins la matte est riche, plus la quantité à traiter est grande et plus la masse de silice qui s'ajoute aux résidus pour scorifier le fer est importante.

Les deux éléments principaux du prix de revient sont relatifs au garnissage et à la force motrice. Leurs consommations sont indiquées au tableau précédent. Il est facile d'en tirer les quantités correspondantes d'argile, de matière siliceuse, de charbon ou de bois.

Le prix de chacun de ces éléments varie suivant les conditions locales; il peut être très bas quand on les trouve sur place, ce qui a lieu notamment pour l'argile et pour la matière siliceuse; les gisements de ces roches sont en effet très répandus; si le sable siliceux manque, on a recours aux roches massives de quartz ou de grès, dont on fait le broyage.

Quant à la main-d'œuvre, indépendamment de sa qualité même, elle varie beaucoup suivant les dispositions adoptées; dans le cas où les convertisseurs ne sont pas mus mécaniquement, mais à bras d'homme, elle est proportionnellement plus grande; d'ailleurs on n'emploie pas d'ouvriers spéciaux, mais seulement des manœuvres; il n'y a besoin que d'un bon chef d'équipe qui sache reconnaître les moments où il faut couler les scories et le cuivre noir.

D'après cela il est facile dans chaque cas particulier de déterminer exactement le prix de revient.

Voici quelques exemples :

	1	2	3	4	5
Main-d'œuvre . . . *f*	8,47	9,60	4,50	14 »	»
Garnissage	9,82	24,80	4,17	5,50	26,25
Soufflage	11,28	3,20	7,47	7,50	11 »
Entretien et divers . .	10,95	2,40	5,55	6,25	5,25
Totaux. . . . *f*	40,55	40 »	21,70	33,25	42,50

Ces différents totaux représentent les prix de la conversion par tonne de cuivre (sans tenir compte des pertes, ni de la refonte de la matte, ni de la refonte des scories), dans les usinessuivantes :

1°) Eguilles — Convertisseur cylindrique (Burthe) ;
2°) Jéres Lanteira — Convertisseur cylindrique (Terraillon) :
3°) Eguilles — Sélecteur Paul David (David) ;
4°) Parrot C° — Nouvelle installation (Peters) ;
5°) Anaconda — Nouvelle installation (Hixon).

En tenant compte des pertes, de la refonte de la matte et de la refonte des scories, on a, pour la conversion par tonne de cuivre d'après les mêmes auteurs :

Parrot — Nouvelle installation	73 *f*
Anaconda — Nouvelle installation.	77 *f*
Anaconda — Première installation . . . . . . 80 à	140 *f*
Mount-Lyell	83 *f*
Eguilles-Sélecteur.	52 *f*

Prix d'installation. — Plus encore que pour le prix de revient, le prix d'installation dépend essentiellement des conditions locales ; le rôle de la main-d'œuvre n'est que peu de chose vis-à-vis du prix des matériaux de construction et surtout des frais de transport. Il n'y a donc pas à donner de chiffres autres que ceux qui se rapportent au matériel.

Ceux-ci même ne peuvent, d'une façon générale, fournir que de simples indications.

Voici ceux qu'on trouve dans l'ouvrage de M. Peters, pour une usine à trois convertisseurs ; ce sont ceux de l'usine de Butte (Montana) :

Cubilot de refonte.	6 200 *f*
Ventilateur Root	7 250
Moteur de 20 *ch*.	3 100
Broyeurs pour le garnissage	4 150
Grue de 60 *t*	10 400
Pompe et accumulateur.	6 200
7 convertisseurs complets.	20 000
Supports, tourillons, organes moteurs . . .	31 000
2 chariots.	5 000
3 chariots pour lingotage du cuivre	2 700
Machine soufflante	51 000
TOTAL	147 000 *f*

Ces chiffres sont naturellement sujets à de grandes variations, et nous avons eu l'occasion d'établir divers devis d'un prix moins élevé.

En prenant même les chiffres les plus forts, et en y ajoutant les sommes nécessaires à la construction des bâtiments, d'une part, et, d'autre part, à l'installation d'un atelier pour transformer le minerai en matte, on arrive à un total qui n'est qu'une fraction du capital nécessaire à toute Société exploitant des gisements importants ; d'ailleurs, l'amortissement de ce capital est, en général, peu de chose vis-à-vis des économies considérables résultant de ce qu'on transporte du cuivre au lieu de minerai.

TABLE DES MATIÈRES

CHRONIQUE

N° 266.

SOMMAIRE. — Les chemins de fer en Egypte et dans le Soudan. — Le nouveau paquebot allemand *Kronprinz Wilhelm*. — Résistance pratique des cordes en chanvre. — Production du fer et de l'acier en Italie. — Chauffage temporaire par accumulation de chaleur. — Nouvelle dynamo à haute tension.

Les chemins de fer en Égypte et au Soudan. — Nous reproduisons, de l'*Indian Engineering*, l'article suivant.

En Égypte, des lignes à voie normale convergent de Suez, d'Ismaïlia, de Damiette, de Rosette et d'Alexandrie vers le Caire. Entre ces lignes et d'autres secondaires appartenant au Gouvernement égyptien, depuis le canal de Suez, à l'est, jusqu'au désert de Lybie, à l'ouest, s'étend un réseau toujours grandissant de petites lignes agricoles.

Du Caire, traversant le Nil, le chemin de fer à voie normale se continue d'abord sur la rive droite, puis sur la rive gauche jusqu'à Luxor. De là à Assouan (près de la première cataracte), et ensuite sur la ligne du Gouvernement du Soudan, de Wadi-Halfa (dernière cataracte) à Kerma, d'un côté, et à Khartoum, de l'autre, la voie est posée à l'écartement de 3 1/2 pieds anglais, 1,067 *m*, écartement qui paraît devoir être celui du chemin de fer qui ira rejoindre la ligne de Buluwayo au Cap et, par conséquent, de la plus grande partie du chemin de fer qui traversera le continent africain dans la direction du nord au sud.

Il y a deux ans, les chemins de fer agricoles, dont il y a quelque chose comme 900 *km* en exploitation, étaient entre les mains de quatre Sociétés. Une d'elles exploite les lignes du Fayoum ; une Société belge possède la ligne de Mansourah à Matarieh, à voie de 1 *m*, qui transporte surtout du poisson et pourrait avantageusement être prolongée jusqu'à Port-Saïd. Au-dessous de Mansourah et entre la lisière septentrionale du désert arabique et la branche de Damiette du Nil, on trouve les chemins de fer de l'Est qui font partie, depuis un an, du réseau de la Compagnie Égyptienne des chemins de fer du Delta, établis à la voie de 0,75 *m*. Ce réseau dessert les provinces de Garbieh et de Behereh, dont la première se trouve entre les branches de Damiette et de Rosette du Nil, et la seconde entre cette dernière à l'ouest, et le désert de Lybie au sud-ouest.

La concession, donnée en 1896 à MM. John Birch et Cie, a une durée de 70 ans. Une recette nette de 1 000 *f* par kilomètre et par an est garantie par le Gouvernement, les dépenses d'exploitation de toute nature, y compris l'amortissement du capital d'établissement pendant la durée de la concession, étant fixées à 60 0/0 des recettes brutes.

La recette nette représente 3 0/0 sur un coût de construction de 38 000 *f* environ par kilomètre. Si les recettes brutes venaient à s'élever à 2 500 *f* par kilomètre, les dépenses étant de 1 500 *f*, la différence serait de 1 000 *f* et la garantie n'entrerait pas en jeu. Si la recette brute s'éle-

vait à 5 500 *f* par kilomètre, le surplus, déduction faite des frais d'exploitation, serait partagé par parts égales entre le Gouvernement et la Compagnie.

On a utilisé autant que possible les routes agricoles pour l'établissement de la voie de ces petits chemins de fer. Le Delta est naturellement plat, néanmoins, il a fallu faire dans la province de Garbieh une assez grande quantité de terrassements. De plus, les lignes les plus importantes ont des passages en dessus et en dessous au lieu de passages à niveau.

Les chemins de fer du Delta ont coûté environ 28 000 *f* le kilomètre, ceux de l'Est 40 000 *f*, et la ligne de Mansourah à Matarieh 60 000 *f*.

Le trafic des voyageurs a, en général, dépassé les prévisions, mais celui des marchandises a laissé à désirer, à cause de la faible distance de parcours et par suite de la concurrence des transports par bêtes de somme et par eau. Pendant le semestre qui a fini au 31 mars 1900, la Compagnie du Delta a transporté 9 400 *t* d'engrais (voir communication de M. Pencok à l'*Institution of Civil Engineers* « Light Railways in Egypt ». Vol. CXLV), et, pendant l'année 1900, près de 40 000 *t* (rapport de lord Cromer). Le trafic du coton va en augmentant chaque année et les terrains avoisinant les lignes prennent une valeur considérable. On peut, d'après des renseignements officiels, prévoir, dans une époque rapprochée, un revenu de 4 à 4 1/2 0/0 du capital dépensé.

Un rapport du Major Macauley au Congrès international du Génie Civil de Glasgow, donne une description succincte des chemins de fer militaires du Gouvernement du Soudan.

De Wadi-Halfa, sur la frontière égyptienne, une ligne suit le Nil de plus ou moins près jusqu'à Kerma, dans la province de Dongola ; une autre coupe à travers le désert, dans la direction du sud-est, jusqu'à Abou-Hamed où elle rejoint le Nil et le suit à peu près jusqu'à Khartoum.

La ligne de Kerma suit, presque partout, le fleuve. Le pays présente une succession de collines rocheuses peu élevées, ce qui nécessite des remblais et des tranchées importantes, et on a dû porter les déclivités jusqu'à 16,5 0/00, et il y a une grande proportion de courbes de faible rayon. Cette partie, qui est la plus difficile de la ligne, a été construite il y a seulement quelques années et, comme le fait observer le Major Macauley, n'aurait pu l'être pendant la presse d'une expédition. A Sarras, au kilomètre 53, la ligne quitte le Nil et est tracée au milieu de ravins desséchés et de collines de roches noires jusqu'à Ferket, kilomètre 159, dans une région très sujette à être inondée par des pluies rares, mais d'une intensité extraordinaire. Depuis Ferket, le chemin de fer suit le fleuve dont les bords sont cultivés et plantés de dattiers jusqu'à Kosheh, kilomètre 169, où il abandonne le Nil qui fait un coude pour prendre la corde à travers le désert, et retrouver le Nil à Dalgo, kilomètre 280, pour le suivre pendant quelques kilomètres, et se diriger en droite ligne à travers le désert sur Kerma, kilomètre 327. Kerma se trouve dans une plaine fertile, cultivée jusqu'à une certaine distance du fleuve. Cette localité est en communication, par bateaux à vapeur avec Dongola. Les objets du trafic sont des dattes et des grains pour le ravi-

taillement de l'armée de Khartoum, et aussi quelques plumes d'autruches. Les dattes de Kosheh et de Dalgo passent pour les meilleures du Soudan. La ligne est établie en rails de 18, 21 et 25 *kg* le mètre (les plus légers dans les parties construites les premières), posés sur des traverses en bois de pin, et maintenus par des crampons. Les joints sont opérés par une paire d'éclisses, l'une droite, l'autre en forme de cornière.

De Wadi-Halfa, le Nil se dirige vers l'ouest et, au delà de Dongola, vers le sud jusqu'à Korti, puis au nord-est jusqu'à Abou-Hamed en formant un coude très prononcé.

Le chemin de fer de Khartoum coupe droit à travers le désert de Nubie sur une corde de 370 *km*. Le pays est si plat qu'on trouve un alignement de 72 *km* où la voie est posée directement sur le sol et, sauf quelques bouquets d'une espèce d'acacia, il est entièrement nu. Les pluies y sont rares et on ne rencontre pas de cours d'eau. Deux puits, forés à des endroits situés à 124 et 200 *km* de Wadi-Halfa, ont atteint l'eau à 30 *m* de profondeur environ ; on n'a pas tenté d'autres sondages.

Entre Abou-Hamed et Shereikh, kilomètre 480, le chemin de fer suit le fleuve à travers une contrée formée de petites collines de sable avec, de temps en temps, des affleurements rocheux. Les dattiers sont en abondance et les habitants recommencent à cultiver la terre.

La ligne quitte le fleuve à Shereikh, pour éviter une partie rocheuse et, traversant encore le désert, va rejoindre le fleuve à Abadia, kilomètre 547, où on trouve des restes d'exploitation de sel. D'Abadia, le chemin de fer traverse une plaine aride jusqu'à Berber, kilomètre 582, où il traverse l'Atbara sur un pont métallique composé de sept travées de 45,75 *m* reposant sur des tubes descendus jusqu'au rocher (1). Au sud de l'Atbara, jusqu'à Wad-Ben-Naga, kilomètre 805, la ligne suit le Nil, de plus ou moins près, à travers une plaine semée d'une végétation rabougrie et bordée de collines rocheuses qui se rapprochent parfois du fleuve. Cette plaine est coupée de ravins, la plupart du temps à sec, mais se transformant pendant la saison des pluies en torrents qui causent parfois des dommages considérables à une ligne construite rapidement et où on n'a pas toujours pris les précautions nécessaires pour assurer l'écoulement des eaux. Les bords du fleuve sont couverts de dattiers, le pays est cultivé. Les villages sont nombreux et on voit partout des troupeaux de moutons. La ligne quitte encore une fois la rive du Nil pour pénétrer dans le désert et éviter une contrée rocheuse près de la cataracte de Shuluka et rejoint le fleuve à Wad-Ramleh, puis traverse de grandes plaines pour trouver son terminus à Halfaya, au kilomètre 927, sur le Nil Bleu, en face de Khartoum.

La ligne est équipée en rails de 25 *kg* le mètre posés sur traverses en bois créosoté ou non, ou (surtout dans la partie au sud de l'Atbara, où le bois est exposé aux attaques des fourmis blanches) sur traverses en acier. Les joints comportent deux éclisses dont une cornière. Il y a peu ou point de ballast.

La plus forte déclivité est de 8,33 0/00.

(1) Voir pour le pont d'Atbara les *Informations Techniques* de juillet 1899, page 124.

Il y a dix stations intermédiaires de prise d'eau, mais chaque train effectuant le trajet complet contient quatre ou cinq wagons-réservoirs, représentant un volume de 43 000 *l* en plus de la capacité du tender.

Le nouveau paquebot allemand « Kronprinz Wilhelm ». — On sait que deux Compagnies allemandes possèdent, actuellement, les paquebots les plus rapides pour la navigation transatlantique.

Elles n'ont rien épargné pour s'assurer la suprématie de la vitesse. En mai 1897, les chantiers de la société *Vulcan*, à Stettin, mettaient à l'eau le vapeur à deux hélices *Kaiser Wilhelm der Grosse* pour le compte du Norddeutscher Lloyd, de Brême. Le 10 janvier 1900, les mêmes chantiers lançaient le *Deutschland* pour la Compagnie Hambourgeoise-Américaine, de Hambourg et, enfin, le 30 mars 1901, le *Kronprinz Wilhelm* pour le Norddeutscher Lloyd. Il est intéressant de rappeler qu'en janvier 1899 était mis à l'eau, à Belfast, des chantiers Harland et Wolff, l'*Oceanic*, pour la Compagnie White Star, paquebot qui dépasse les navires allemands en grandeur, mais non sous le rapport de la vitesse.

Nous avons réuni dans le tableau ci-après, les dimensions principales de ces quatre paquebots, en y joignant, à titre de comparaison, celles du *Campania*, de la ligne Cunard, construit aux chantiers de Fairfield, à Glasgow, et de la *Savoie*, le dernier paquebot de la Compagnie Générale Transatlantique construit à Saint-Nazaire.

On voit que le dernier paquebot allemand dépasse un peu comme déplacement et puissance le *Kaiser Wilhelm der Grosse* ; il est inférieur comme puissance et tonnage au *Deutschland* et comme tonnage à l'*Oceanic*, mais ceux-ci seront eux-même prochainement dépassés par le nouveau paquebot allemand *Kaiser Wilhelm II*, en construction, qui aura 215,30 *m* de longueur, 21,90 *m* de largeur et une puissance de 38 000 *ch* indiqués.

Les trois paquebots allemands se ressemblent comme apparence extérieure avec leurs deux mâts à pible en acier et leurs quatre grosses cheminées. Le nouveau transatlantique est du même genre de construction que le *Kaiser Wilhelm* ; la coque est en acier avec double fond divisé en 24 compartiments ; il y a 16 cloisons étanches transversales montant jusqu'au pont supérieur et une cloison longitudinale entre les deux machines. Les portes des cloisons ont des fermetures du système Dorr à manœuvre hydraulique, pouvant être commandée depuis la passerelle de commandement. Il y a quatre ponts en acier. Le pont supérieur porte à l'arrière une dunette de 35 *m* de longueur, au milieu un rouf de 114 *m* et à l'avant une partie couverte de 35 *m*. Il y a ainsi sous le rouf et sous la dunette deux promenoirs couverts de 155 *m* de longueur.

Le *Kronprinz Wilhelm* a son appareil moteur composé de deux machines à quadruple expansion à 6 cylindres chacune. Les pompes à air sont indépendantes ; les arbres coudés en acier au nickel ont 0,610 *m* de diamètre et les boutons de manivelles 0,630 *m* ; les arbres d'hélices sont en acier fondu au creuset. Les manivelles sont calées les unes par rapport aux autres d'après le système Schlick. Les dimensions princi-

NAVIRES	ANNÉES	LONGUEUR	LARGEUR	CREUX	TIRANT D'EAU	DÉPLACEMENT	PUISSANCE	VITESSE	ÉQUIPAGE	PASSAGERS
		m	m	m	m	tx	ch	nœuds		
Campania	1893	189,7	19,9	13,6	»	18 000	30 000	22	415	1 700
Kaiser Wilhelm der Grosse	1898	197,7	20,1	13,1	8,50	20 900	28 000	22,75	450	1 580
Oceanic	1899	215,0	20,7	15,0	9,90	28 500	25 000	20	394	1 710
Deutschland	1900	208,5	20,4	13,4	8,80	23 200	36 000	23,5	543	1 283
Kronprinz Wilhelm . .	1901	202,2	20,1	13,1	8,50	21 300	33 000	23,2	522	1 650
Savoie	1901	177,5	18,3	12,0	7,75	15 400	22 000	20,5	383	1 075

pales de l'appareil moteur sont données dans le tableau ci-joint avec celles des autres paquebots qui figurent au premier tableau. On voit qu'il y a 12 chaudières à double façade et 4 à simple. Ces chaudières ont toutes 5,10 *m* de diamètre et les premières 6,30 *m* de longueur. Il y a quatre foyers à chaque façade. Chaque chaudière double pèse 104 *t*. Le tirage se fait par quatre cheminées de 4,40 *m* de diamètre et 34,5 *m* de hauteur au-dessus des grilles et il est assisté par huit ventilateurs. Il existe, en dehors des machines principales, 68 machines auxiliaires avec 124 cylindres à vapeur, pour actionner des pompes, des treuils, l'éclairage électrique, pour diverses manœuvres, etc.

Les installations de passagers comportent, pour la première classe, 208 cabines avec 402 lits et 192 lits-sofas, plus huit grandes cabines et quatre cabines de luxe avec salles de bain, une salle à manger pour 414 personnes, salon de réunion, salle de lecture, fumoir, etc. Il y a 102 cabines de deuxième classe avec 307 lits et 54 lits-sofas; la salle à manger peut recevoir 186 personnes. On trouve des aménagements pour 696 passagers d'entrepont. Il y a 33 salles de bain. Tous les locaux sont éclairés à l'électricité, chauffés à la vapeur et bien ventilés. Dans tout le navire il y a des sonneries électriques et des communications téléphoniques. A proximité de chaque lit se trouve un bouton pour la lumière électrique et un pour une sonnerie d'appel. Dans les grandes cabines et les cabines de luxe, il y a en plus une communication téléphonique avec le bureau du maître d'hôtel.

Le capitaine est en communication téléphonique avec tous les postes; il y a, dans divers endroits, des horloges électriques réglées par celle de la chambre des cartes. La vigie en haut du mât est en communication par un tuyau acoustique avec la passerelle. Enfin il y a à bord une installation de télégraphie sans fil.

Le courant pour l'éclairage électrique est produit sous 825 ampères et 100 volts par quatre dynamos à vapeur. L'éclairage comporte 1 900 lampes à incandescence réparties dans tous les points du navire.

Les soutes contiennent 4 550 *t* de charbon. Au point de vue des approvisionnements, on trouve une chambre à froid bien isolée, une cave à glace, une machine frigorifique du système Linde, un appareil distillatoire pour faire de l'eau potable avec de l'eau de mer, des réparateurs pour fournir un supplément d'eau douce aux chaudières, etc.

Il y a à bord 18 embarcations en bois avec réservoirs d'air et 6 autres en tôle d'acier; 4 treuils à vapeur sont disposés pour les mettre à l'eau. Comme moyens d'épuisement, il y a 4 pompes centrifuges, 2 pompes à vapeur, 6 pompes doubles, le tout pouvant débiter 3 600 tonneaux d'eau à l'heure et permettre, par conséquent, de franchir les voies d'eau les plus fortes.

Comme tous les paquebots de construction récente, le *Kronprinz Wilhelm* peut recevoir un armement en temps de guerre pour pouvoir se défendre contre les attaques des torpilleurs et des petits croiseurs. De plus le gouvernail est entièrement sous l'eau, et il y a une machine à gouverner de réserve placée au-dessous de la flottaison pour mettre la direction du navire à l'abri des projectiles.

A ses essais, du 28 au 31 août 1901, pendant quatre heures et demie

Paquebots	*Campania*	*Kaiser Wilhelm der Grosse*	*Oceanic*	*Deutschland*	*Kronprinz Wilhelm*	*Savoie*
Système de machines	Triple expansion	Triple expansion	Triple expansion	Quadruple expansion	Quadruple expansion	Triple expansion
Nombre et diamètre des cylindres — HP	2 de 0,940	1 de 1,320	1 de 1,206	2 de 0,930	2 de 0,870	1 de 1,130
1er intermédiaire	1 de 2,042	1 de 2,280	1 de 1,882	1 de 1,870	1 de 1,175	1 de 1,740
2e intermédiaire	—	—	—	1 de 2,640	1 de 2,500	—
BP	2 de 2,489	2 de 2,450	2 de 2,362	2 de 2,700	2 de 2,600	2 de 2,040
Course des pistons	1,753	1,750	1,830	1,850	1,800	1,700
Volumes relatifs successifs	1 - 2,36 - 7	1 - 3 - 6,9	1 - 2,43 - 7,7	1 - 2,4 - 4 - 8,4	1 - 2 - 4,15 - 8,9	1 - 2,37 - 6,52
Pression aux chaudières	11,75	12,5	13,50	15	15	12
Nombre de tours par minute	79,5	77 à 78	—	77 à 78	80 à 82	84
Nombre de chaudières	12 D 1 S	12 D 2 S	15 D	12 D 4 S	12 D 4 S	16 S
Nombre de foyers	100	104	96	112	112	64
Surface de grille totale	244	241	180	204	251	114
Surface de chauffe totale	7 626	7 840	6 880	7 950	8 700	4 233
Surface de condensation	—	3 304	—	4 000	3 820	3 024
Diamètre des hélices	7,16	6,80	6,175	6,80	6,65	6,50
Pas des hélices	9,30	10,00	—	10,80	10,00	7,80
Nature du tirage	Assisté	Assisté	Assisté	Forcé	Assisté	Forcé
Puissance indiquée	30 000	28 000	25 000	36 000	33 000	22 000

les machines ont développé 32 300 *ch* avec 66 0/0 d'admission aux cylindres à haute pression; cette admission peut aller jusqu'à 78 0/0. Le temps était mauvais. Le premier voyage d'Europe en Amérique, accompli également par mauvais temps, n'a pas donné de vitesse extraordinaire, mais le retour a été effectué, en partant de New-York le 1er octobre, de Sandy Hook à Plymouth en 5 jours, 9 heures et 48 minutes, avec une vitesse moyenne de 23,01 milles à l'heure, ce temps n'est supérieur que de 1 heure 50 minutes à la meilleure traversée semblable du *Deutschland.*

Le dernier voyage vers l'ouest s'est effectué entièrement par mauvais temps en 5 jours, 19 heures et 6 minutes; c'est seulement 6 heures 42 minutes de plus que la meilleure traversée semblable du *Deutschland.* On peut donc considérer le nouveau paquebot comme parfaitement réussi au point de vue de la vitesse.

Le Norddeutscher Lloyd, de Brême, possède actuellement 166 vapeurs d'une puissance collective de 446 900 *ch*, soit en moyenne 2 700 *ch* par navire, dont 36 à deux hélices, parmi lesquels 12 ont un tonnage supérieur à 10 000 *tx*. Il existe 22 navires allemands de ce tonnage contre 20 anglais. La flotte allemande de commerce possède 13 paquebots doués de vitesses supérieures allant jusqu'à plus de 23 nœuds. Ce développement extraordinaire s'est produit dans un très court espace de temps, car le Norddeutscher Lloyd n'a commencé qu'en 1880 la construction d'un paquebot rapide, alors que, dès 1878, une Compagnie anglaise possédait un transatlantique réalisant une vitesse supérieure à 16 nœuds.

Les renseignements donnés dans cet article sont extraits de divers périodiques allemands, tels que le *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, les *Glaser's Annalen*, etc.

Résistance pratique des cordes en chanvre. — M. C.W. Hunt a présenté à la dernière session de l'*American Society of Mechanical Engineers* une intéressante communication sur les charges à faire supporter en pratique aux cordes en chanvre dans leur emploi dans des appareils de levage, question sur laquelle on ne trouve que des renseignements assez vagues dans les ouvrages techniques. L'élévation des fardeaux constitue une branche importante du domaine des travaux publics et l'auteur a cru utile de faire profiter les membres de la profession de ce qu'une expérience très étendue lui a appris relativement à cette question; il ajoutera quelques renseignements sur la durée des cordages, lesquels pourront donner des indications utiles sur ce qu'on peut attendre des matériaux de ce genre pour des usages analogues.

Le tableau A donne des indications sur les charges pratiques qu'on peut faire supporter à des cordes en chanvre de Manille dans les conditions relatées audit tableau, ainsi que les diamètres minimum des poulies à employer.

Voici quelques observations relativement à la manière dont ce tableau a été établi.

Les indications vitesses faibles, moyennes, fortes, se rapportent aux

cas suivants: faibles, grues de travaux, appareils de carrières, etc., où les vitesses sont de 0,25 à 0,50 *m* par seconde ; moyennes, grues de quais, appareils de chargement, à des vitesses allant de 0,75 à 1,50 *m* et fortes, transmissions avec vitesses de 2 à 4 *m* et plus. On obtient les diamètres de la colonne A en prenant la circonférence et la divisant par 3,1416. Cette méthode donne, pour une corde à trois torons, 0,9 du diamètre du cercle circonscrit et, pour une corde à quatre torons, 0,93 *m* de ce diamètre. Le diamètre obtenu correspond à celui de la corde tendue et le procédé par lequel on l'obtient est le meilleur à employer.

TABLEAU A

DIAMÈTRE des CORDES A	RÉSISTANCE à la RUPTURE B	CHARGES PRATIQUES POUR VITESSES			DIAMÈTRES MINIMUM DES POULIES POUR VITESSES		
		FORTES C	MOYENNES D	FAIBLES E	FORTES F	MOYENNES G	FAIBLES H
mm	*kg*	*kg*	*kg*	*kg*	*m*	*m*	*m*
26	3 220	90	180	450	1,02	0,30	0,20
29	4 080	113	226	565	1,12	0,33	0,23
32	4 980	136	272	680	1,25	0,36	0,25
35	6 070	172	346	860	1,37	0,38	0,27
38	7 160	204	408	1 020	1,50	0,40	0,30
41	8 520	240	480	1 200	1,62	0,43	0,33
44	9 880	280	560	1 400	1,75	0,45	0,35

Les résistances à la rupture, qui figurent dans la colonne B du tableau, peuvent être modifiées dans des proportions importantes par l'âge des cordages et aussi par le fait que ceux-ci ont moins de résistance lorsqu'ils sont mouillés. Trautwine dit que quelques mois d'exposition aux intempéries, réduisent de 25 à 50 0/0 la résistance d'une corde.

Les chiffres de la colonne B se rapportent à des cordes neuves et sont le résultat d'essais faite par la Compagnie à laquelle appartient l'auteur, sur des cordages en chanvre de Manille, produits du commerce courant et provenant de trois fabricants. Le détail de ces essais a été donné dans la colonne XII, page 230, des transactions de l'*American Society of Mechanical Engineers*. Depuis cette époque, le professeur B. Kirsch, du Musée technologique industriel de Vienne, a essayé à la rupture plus de deux cents échantillons de cordes, la plupart de 35 et 55 *mm* de diamètre et les chiffres obtenus par cet expérimentateur coïncident à 5 0/0 près avec ceux qui ont été donnés plus haut. Il a démontré que, dans les limites des dimensions du commerce, on peut obtenir la pleine résistance aussi bien pour les forts diamètres que pour les petits. Lorsque la résistance est plus faible, c'est que la corde a été mal faite ou fabriquée sur une machine trop faible. Du reste, la résistance à la rupture ne sert, en pratique, qu'à déterminer le facteur de sécurité pour un travail donné.

Les charges pratiques données dans le tableau s'appliquent aux cordes de qualité ordinaire, et peuvent être notablement augmentées avec des cordes faites de matériaux de choix.

On peut accepter en toute confiance les chiffres du tableau, sauf à faire varier le coefficient de sécurité selon les cas qui se présentent.

Les diamètres de poulies données dans les dernières colonnes du tableau sont obtenus par l'étude des différents facteurs qui interviennent dans la question. En principe, toute augmentation dans le diamètre des poulies, affectera favorablement la durée du cordage. Mais cet avantage sera plus ou moins réduit en importance par les difficultés plus grandes d'installation, de fonctionnement, et le prix plus élevé des appareils. On peut dire que le diamètre à adopter sera celui qui équilibre les avantages et les inconvénients. Il est à peu près impossible de déterminer ce diamètre par des considérations purement théoriques, mais la pratique donne à cet égard des indications utiles, et c'est d'après les résultats ainsi obtenus, qu'ont été établis les chiffres du tableau qui ne sont d'ailleurs donnés qu'à titre d'indications générales.

On possède, du reste, des documents nombreux sur les questions relatives à l'emploi des cordages. On en cite quelques exemples intéressants. Lors du battage de 28 908 pieux dans des travaux effectués pour le Chicago, Milwaukee and Saint-Paul R.R., on a relevé avec soin les nombres de pieux battus avec chacune des 79 cordes en chanvre de Manille de diverses grosseurs employées pour ce travail, pour obtenir le nombre moyen de pieux battus avec chaque grosseur de corde et la dépense de corde par pieu battu.

On a constaté ainsi que pour des moutons pesant de 800 à 1 200 *kg*, c'était la corde de 38 *mm* qui donnait les meilleurs résultats et celle de 44 pour les moutons de 1 200 à 1 450 *kg*, On possède des relevés analogues couvrant plusieurs années et obtenus par des marchands de charbon, sur les diamètres de cordes, le coût de cordage par benne de charbon déchargé des navires avec des poulies de 0,30 à 0,40 *m* de diamètre. Ces relevés font voir que, pour élever une benne nécessitant sur la corde un effort de 4 600 *kg*, une corde de 32 *mm* est trop faible et une de 44 trop forte pour un travail économique.

On emploie généralement pour ce genre d'opérations des cordes de 38 *mm*. La Compagnie du Pennsylvania R.R. emploie des cordes de 38 *mm* sur des poulies de 0,35 *m* de diamètre, pour tous ses appareils de levage, installés sur pontons, dans le port de New-York, et fait porter au plus 1 350 *kg* sur un seul brin. Les charges supérieures sont élevées avec des palans à six brins.

Robert Grimshaw a fait en 1893, en collaboration avec le lieutenant J.-A. Bell, de la marine des États-Unis, une série d'essais à l'arsenal de Brooklyn, sur des poulies de divers diamètres, avec des charges variées. On s'est servi de cordages de Manille à trois torons de 95 *mm* de circonférence, en usage dans la marine. Les cordes étaient sèches et placées dans un palan de marine à six brins, les réas avaient 0,20 *m* de diamètre, ceux de la poulie supérieure avaient leurs axes tournant sur des galets et ceux de la poulie inférieure leurs axes tournant dans des bagues. La poulie inférieure et le crochet pesaient 34 *kg*.

Il est intéressant de comparer les durées d'une corde employée dans les conditions figurées dans les colonnes C et F du tableau ou dans les conditions des colonnes D et G.

Prenons deux échantillons de cordages de même diamètre et de même qualité, employés : le premier, dans un appareil à décharger le charbon d'un navire dans les conditions des colonnes D et G, l'autre, dans une transmission de force dans les conditionc des colonnes C et F ; l'usure de ces cordes provient du frottement qui s'exerce entre les torons lors du cintrage, amené par le passage sur les poulies. Le nombre des cintrages de ce genre subis par une corde est un élément très juste de comparaison. Une corde de 38 *mm* de diamètre, agissant dans un appareil convenablement disposé, décharge d'un navire de 7 000 à 8 000 *t* de charbon. Cette corde subit un effort de 385 à 4 400 *kg*, et court sur trois poulies, une de 0,305 *m* de diamètre et les deux autres de 0,400, en passant de la ligne droite à la demi-circonférence de la poulie et inversement 120 000 fois. Après ce travail, la corde est usée et doit être remplacée.

Pour bien faire apprécier la résistance d'une corde employée dans une transmission de force, on prendra comme exemple une commande de laminoir à tôle, transmettant 1 000 *ch* au moyen de cordes de 38 *mm*. Les poulies ont 1,525 *m* et 5,10 *m* de diamètre et ont leurs axes à 10,80 *m* de distance. Les cordes ont 26 *m* de longueur, une vitesse de 25 *m* par seconde, et subissent 13 900 flexions chacune par heure, c'est-à-dire plus de flexions en neuf heures que la corde de l'exemple précédent dans toute sa vie. Comme on sait, la durée des cordes de transmission de force se compte par années et non par heures. Cette énorme différence de durée de cordes de même diamètre et de même qualité tient entièrement à la réduction des efforts et à l'accroissement des diamètres des poulies.

On a fait, à l'Institut de Technologie de Massachussets, des essais sur la résistance des divers nœuds et amarrages. On a pris 45 bouts de corde de chacun 64 *mm* de circonférence, coupés dans un même rouleau, et et on les a divisés en groupe de trois à sept bouts. Chaque groupe était essayé avec un nœud ou un mode d'amarrage et on prenait la moyenne des résultats.

Les chiffres ainsi obtenus ont fourni une remarquable concordance et ont permis de tirer des conclusions assez précises.

On peut dire que les nœuds ou amarrages dans lesquels les parties soumises à des efforts de traction se trouvent pliées, avec un très faible rayon de courbure, sur une autre partie de la même corde, présentent le moins de résistance.

Au contraire, les amarrages où la corde est pliée sur un rayon relativement grand, comme un amarrage sur une pièce de bois, ont une résistance plus considérable. Une boucle pratiquée à l'extrémité d'une corde, en enroulant celle-ci autour d'une cosse métallique avec une épissure pour fermer la boucle donnera, si elle est faite avec soin, à peu près la même résistance que celle de la corde, mais comme cet assemblage n'est pas toujours fait avec tout le soin nécessaire, on doit admettre une certaine réduction par rapport à la résistance de la corde. Le

tableau B donne les réductions à employer pour un certain nombre de nœuds et d'amarrages. L'auteur fait remarquer à ce sujet que les chiffres de ces tableaux s'appliquent à tous les cas ordinaires de la pratique, mais que des conditions locales peuvent amener à les modifier dans une certaine mesure. Pour un travail très important, l'ingénieur qui en est chargé fera bien d'étudier la question à fond, pour décider quelles charges il devra appliquer pour se mettre à l'abri de toute éventualité.

TABLEAU B

CHARGE UTILE ÉLEVÉE	EFFORT THÉORIQUE	EFFORT RÉEL À EXERCER	PROPORTION DE L'EFFORT SUPPLÉMENTAIRE à exercer
kg	kg	kg	0/0
270	45	71	58
360	60	89	48
450	75	110	46
540	90	130	44

Le mémoire se termine par un tableau C donnant, d'après des expériences spéciales, l'effet utile d'un palan à six brins, c'est-à-dire la résistance de l'assemblage par rapport à celle de la corde elle-même.

TABLEAU C

	RÉSISTANCE DU NŒUD par rapport à celle de la corde	FACTEUR DE SÉCURITÉ dans le cas de l'emploi dans les conditions de la colonne E du tableau A
Boucle faite sur cosse métallique	90 0/0	6,3
Épissure courte faite sur la corde	80	5,6
Nœud de bois demi-clef.	65	4,5
Nœud de bouline deux demi-clefs	60	4,2
Nœud carré, nœud de tisserand, nœud d'écoute.	50	3,5
Nœud flamand, nœud à plein poing	45	3,1
Corde sèche, moyenne de quatre essais, même échantillon	100	7,0

Il nous paraît y avoir dans le travail de M. Hunt un certain nombre de renseignements qui pourront être utiles à nos Collègues, c'est ce qui nous a engagé à le reproduire dans toute son étendue.

Production du fer et de l'acier en Italie. — D'après le *Rassegna Mineraria*, l'extraction des minerais de fer s'est élevée en Italie, pour l'année 1900, à un total de 247 278 *t* d'une valeur de 4 585 522 *f* contre 236 549 *t* d'une valeur de 3 534 117 *f* pour l'année précédente. La plus grande partie de la production provient de l'Ile d'Elbe qui entre dans le total pour 199 828 *t*. Les onze hauts fourneaux en exploitation ont donné, en 1900, un total de 23 990 *t* de fonte d'une valeur de 3 129 170 *f*, alors que l'année précédente les huit fourneaux en service avaient donné 19 218 *t* valant 2 607 140 *f*.

La production de fer et d'acier a atteint le chiffre de 306 405 *t* valant 85 887 220 *f*. C'est une augmentation de 174 *t*, mais une diminution de valeur de 2 715 000 *f* par rapport à l'année précédente, ce qui s'explique par l'état peu favorable du marché dans la seconde moitié de l'année 1900.

La production des minerais de manganèse a atteint un chiffre de 6 014 *t* valant 154 974 *f* contre 4 356 et 112 160 *f* pour l'année précédente. Le ferro-manganèse n'est encore produit que dans l'usine de Monte Argentario; celle-ci en a fabriqué en 1900, une quantité de 26 800 *t*, d'une valeur de 335 000 *f* contre 3 075 *t* et 50 744 *f* pour l'année 1899.

Chauffage temporaire par accumulation de chaleur. — Parmi les communications présentées à la Société Américaine des Ingénieurs pour le chauffage et la ventilation, dans sa séance tenue ces jours-ci à New-York, s'en trouve une fort intéressante, qui est la traduction d'un mémoire du professeur Ed. Meter, de l'École technique supérieure de Vienne. Nous donnons le résumé de cette communication d'après l'*Engineering Record*.

Il s'agissait de chauffer dans une circonstance spéciale et pour un temps limité la bibliothèque du Palais Impérial de Vienne (1), laquelle est construite et aménagée de telle sorte qu'aucun système de chauffage ne pouvait être installé dans le court espace de temps dont on disposait. C'est une immense salle, construite en 1736, lambrissée en bois précieux et remplie de livres et manuscrits de la plus grande valeur; elle n'avait jamais été chauffée depuis l'origine. La température s'y élevait rarement à 10° C. et il suffisait d'un quart d'heure de station sur le dallage en pierres que forme le sol pour glacer les pieds des visiteurs.

L'Empereur d'Autriche voulant, lors de la visite, à Vienne, du Prince Impérial d'Allemagne, en avril 1900, faire visiter cette bibliothèque à son hôte, on dut chercher un moyen de chauffer temporairement cette salle, qui a 75 *m* de longueur sur 14 *m* de largeur et 18 *m* de hauteur avec une rotonde surmontée d'un dôme dans la partie centrale. On ne pouvait, à cause des lambris et des livres, songer à placer des radiateurs contre les murailles et d'autres difficultés s'opposaient à l'installation d'un chauffage permanent. On pensa trouver la solution du problème

(1) La bibliothèque impériale, à la Josefplatz, contient 300 000 volumes, dont 12 000 incuuables, 20 000 manuscrits, 150 volumes de miniatures et dessins et 12 000 ouvrages de musique. Dans la grande salle, sont exposés dans dix armoires, les ouvrages les plus rares et les plus précieux de la collection (*Guide de l'Architecte et de l'Ingénieur à Vienne*, publié par la Société Autrichienne des Architectes et Ingénieurs, Vienne, 1873).

dans le chauffage de l'espace dans la partie la plus rapprochée du sol, de manière que celui-ci et aussi une partie des murs absorbassent assez de chaleur pour qu'après enlèvement des appareils de chauffage, la température restât suffisamment élevée le jour de la visite officielle fixée au 14 avril.

L'opération fut confiée à M. J.-L. Bacon, de Vienne, qui reçut les ordres nécessaires à la fin de mars. Il installa un circuit de tuyaux à ailettes parcourant deux fois la longueur de la salle avec une pente suffisante pour assurer l'évacuation de l'eau condensée. On y envoyait de la vapeur à une pression de 2,8 *kg* par centimètre carré. On donnait comme conditions que trois jours seraient alloués pour l'enlèvement des appareils, et la décoration de la salle, et que, par conséquent, le chauffage devrait être achevé avant ces trois jours, que la température ne devrait à aucun moment dépasser 28° C et que le degré usuel d'humidité de l'air devrait être maintenu.

On a calculé que la quantité de chaleur nécessaire pour maintenir à 15° C la température de la salle, alors que la température extérieure était de 5°, s'élevait à 150 000 calories par heure. La surface de radiation des 150 *m* de tuyaux employés était d'environ 300 m^2 pouvant donner environ 200 000 calories par heure, L'installation fut terminée en trois jours et on fit passer la vapeur dans l'appareil le 28 mars à 5 heures du soir.

On chauffa continuellement jour et nuit, jusqu'au 7 avril; la température étant arrivée à 27° C, on ne chauffa plus que pendant douze heures par jour. Le 12, à 6 heures du matin, on commença à démonter les appareils et, le 14 avril, à 3 heures après midi, trois heures avant la visite, on ouvrit portes et fenêtres pour aérer la salle.

Deux thermomètres enregistreurs étaient disposés, l'un sur le sol, l'autre dans la salle. Leurs indications font voir que l'élévation de température pendant le chauffage et l'abaissement après la fin de celui-ci sont représentées par des lignes inclinées, mais la chute est beaucoup plus lente, ce qui fait voir que les murs et le plancher ont emmagasiné une grande quantité de chaleur. On voit que la température était de 6° le 29 mars à midi, dix-neuf heures après le commencement du chauffage; les températures des jours suivants, toujours à midi, ont été de : 12° 5, 16° 6, 21°, 22° 3, 23° 4, 25°, 26° 27° et 27° C. Cette dernière date est celle du 7 avril. On ne chauffa plus alors que douze heures par jour et, de ce moment jusqu'à l'enlèvement des appareils, la température oscilla journellement entre 22 et 28°. Après le démontage des appareils, de 27° à midi, du même jour, la température tomba à 25° et les jours suivants, à la même heure, à 22° 2, 20° 5, 18° 3, 17° 2, 16° 6 et 14° 2.

Le jour de la visite, la température à l'intérieur était en moyenne de 20° et à l'extérieur de 8° 5. Le thermomètre enregistreur placé sur le sol de la salle indiqua pendant la première période des températures plus hautes de 1° 1/4 à 2° que l'autre.

On mesura également la température du pavage de la salle avec des thermomètres à mercure placés dans des trous de 70 *mm* de profondeur.

Lorsqu'on commença l'opération du chauffage, la température intérieure de la salle étant de 6° C la proportion d'humidité de l'air était

de 70 0/0. On maintint cette proportion au moyen de quatorze entonnoirs en étain, contenant de petites pierres, et raccordés avec la conduite de chauffage par de courts tuyaux à robinets de 12 *mm* de diamètre par lesquels de la vapeur s'échappait en jets très divisés. En somme, l'opération a parfaitement réussi, sans qu'aucun dommage ait été causé aux boiseries ou aux livres.

Nouvelle dynamo à haute tension. — Le *Bulletin technique de la Suisse Romande* décrit une dynamo à haute tension du système Thury, construite pour faire les épreuves des isolements de la ligne de Saint-Maurice à Lausanne et dans les essais de laquelle la tension a pu être poussée sans difficulté au delà de 25 000 volts. C'est un résultat remarquable et sans précédent, car, jusqu'ici, on n'était parvenu que péniblement à atteindre 10 à 12 000 volts en courant continu.

C'est une machine dynamo bipolaire ressemblant extérieurement à un alternateur moderne à pôles radiants. L'inducteur est en fer laminé et tourne à l'intérieur d'un anneau en deux pièces constituant l'induit. Ce dernier est donc fixe. Les bobines induites, au nombre de 48, sont encastrées dans autant de rainures pratiquées dans l'anneau. Elles sont simplement isolées d'un papier enduit spécial. Chaque bobine élémentaire comprend 500 spires de fil d'un demi-millimètre de diamètre, isolé à la soie. Il y a donc 24 000 spires induites, dont la résistance en marche est de 700 ohms et capables de débiter normalement 1 ampère.

Le collecteur est formé de 96 segments isolés à l'air. Il est naturellement fixe, à l'inverse des dynamos ordinaires. Deux pinceaux métalliques glissent sur sa surface interne et collectent le courant continu.

Pour éviter l'amorçage d'arcs entre les segments du collecteur, vu la forte différence de tension (500 volts en moyenne) existant entre chacun d'eux, on a prévu une petite soufflerie alimentant deux buses destinées à diriger un vif courant d'air sur les extrémités des deux petits balais métalliques. Cette disposition rend de grands services lorsque le débit dépasse 1 ampère, parce que la réaction d'induit commence à se faire sentir d'autant mieux que l'on n'a pas admis le décalage des balais.

Le courant d'excitation est fourni par une petite excitatrice séparée, comme s'il s'agissait d'un alternateur ordinaire. La pompe à air est logée à l'intérieur de la poulie de commande de cette excitatrice, et cette dernière est soigneusement isolée du sol ainsi que le rhéostat de réglage du courant d'excitation.

L'excitation maxima prévue est de 14 ampères à 80 volts, mais, pratiquement, il suffit de 8 ampères seulement pour donner 25 000 volts à la vitesse normale de 600 tours.

L'alésage intérieur de l'induit est de 0,58 *m*. La vitesse à l'alésage est donc, à 600 tours, de 18,22 *m* par seconde, ce qui est très modéré. La puissance normale disponible est de 25 000 watts aux bornes, soit 34 chevaux électriques. Une ligne télégraphique ordinaire, mais bien isolée, *en fil de fer* de 4,5 *mm*, pourrait transmettre 26 *ch* effectifs à 350 *km* de distance, retour par le sol, avec cette machine.

Le journal auquel nous empruntons ces renseignements fait observer que, comme les génératrices à courant continu peuvent être couplées en

tension, le jour viendra bientôt où on pourra étudier tranquillement les effets du courant continu à 100 000 volts et plus. La nouvelle machine s'appliquerait admirablement à la production de décharges oscillantes colossales, en employant l'appareil de Planté. Un appareil à 10 condensateurs, en construction à la Compagnie de l'Industrie électrique, à Genève, qui a construit la dynamo dont nous nous occupons, donnera une série de décharges aussi rapides et nourries que l'on pourra le désirer au potentiel de 250 000 volts.

En combinant deux appareils semblables, on arriverait théoriquement à 2 500 000 volts, mais à ce voltage, il serait probablement difficile d'éviter les décharges latérales et le percement des condensateurs. En attendant, cette machine permettra de nombreuses et intéressantes expériences rendues impossibles jusqu'ici par les frais et les difficultés qui s'opposent à la création de courants continus puissants et à haut potentiel.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Janvier 1902.

Rapport de M. Fontaine sur **les filtres dégrossisseurs** de M. A. Puech.

La description de ces filtres a été donnée par l'auteur lui-même dans les Bulletins de notre Société de mai 1900, 2e quinzaine. Nous nous bornerons à indiquer que le rapport de M. Fontaine cite quelques applications postérieures au mémoire de l'auteur, entre autres à Nantes pour le traitement de 20 000 m^3 d'eau par 24 heures et a Londres pour 50 000 m^3, de plus, le même procédé de filtrage vient d'être adopté pour l'épuration préalable des eaux municipales à Annonay et au Mans.

Rapport de M. A. Brull sur **le générateur semi-tubulaire,** système Lagosse.

Ce système comporte deux bouilleurs inférieurs réunis à un gros corps cylindrique placé au-dessus par des faisceaux de petits tubes parallèles.

La surface de ces tubes forme à peu près les 80 centièmes de la surface de chauffe totale. L'ensemble de ces faisceaux est divisé par une murette en deux parties; c'est par les tubes en arrière de cette murette que se fait le retour de l'eau dans les bouilleurs de manière à assurer la circulation.

Il y a un assez grand nombre de chaudières de ce système en service en France. Le rapporteur en a examiné une montée à l'usine Clément, à Levallois-Perret, dans laquelle il a constaté une production de vapeur de tout près de 10 *kg* par kilogramme de charbon à 17 0/0 de cendres, avec une vaporisation de 15,2 *kg* par mètre carré de surface de chauffe. Dans un autre essai, avec du charbon de Lievin à 21 0/0 de cendres, la vaporisation a été de 7,13 *kg* d'eau par kilogramme de combustible avec une production de vapeur de 25,5 *kg* par mètre carré de surface de chauffe. Ces résultats sont très satisfaisants.

Expériences sur le travail des machines-outils par M. Codron *(suite)*.

Cette partie s'occupe du poinçonnage et en examine les actions assez complexes. L'auteur y étudie la forme des débouchures obtenues avec les divers métaux et le caoutchouc et divers essais de poinçonnage.

Fer et phosphore, par J. E. Stead (Extrait des publications de l'*Iron and Steel Institute*).

Il s'agit de recherches sur le fer et l'acier phosphoré faites à l'aide du microscope et d'analyses chimiques.

Nouvelle méthode pour **la mesure et l'inscription des températures élevées**, par M. André Job *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences)*.

L'auteur utilise une méthode proposée par lui pour l'étude de la viscosité des gaz et qui consiste à produire l'électrolyse dans un voltamètre où les gaz dégagés ne trouvent d'autre issue qu'un tube capillaire. Il en résulte un excès de pression dans l'appareil et, comme le débit est connu, cet excès de pression mesure la viscosité. Or, on sait que la viscosité d'un gaz augmente rapidement avec la température. Si on dirige le courant de gaz successivement dans deux tubes capillaires, l'un froid, l'autre chaud, la différence de pression sera l'indication de la différence des températures. On peut établir ainsi un pyromètre très commode, précis et sensible.

Sur quelques propriétés de la chaux en fusion, par M. Henri Moissan *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences)*.

La chaux mise en fusion au four électrique possède des propriétés oxydantes aussi énergiques que la potasse et la soude. Elle passe par l'état pâteux avant de reprendre l'état solide, et, dans certains cas particuliers, lorsque l'oxydation ne se produit pas, on peut obtenir assez facilement la cristallisation des métaux par simple vaporisation dans un bain de chaux fondue.

Notes de Mécanique. — Nous trouvons dans ces notes les recherches de M. Petavel sur l'émissivité thermique dans les gaz à haute pression, des appareils de M. Brüll pour l'étude de la circulation dans les chaudières à tubes d'eau, la machine d'Ostergren à liquéfier l'air, les expériences de Murphy sur les moulins à vent, les essais de roues en fonte à la rupture par la force centrifuge, par M. C.-B. Benjamin, une note sur les progrès de la mécanique aux États-Unis d'après M. Koon et enfin une communication sur le système international de filetage à base métrique présentée à la conférence générale des poids et mesures réunie à Tours en octobre 1901, par M. E. Sauvage.

ANNALES DES MINES

9me livraison de 1901.

Note sur **le régime des moteurs à explosion**, par M. G. Moreau, Ingénieur civil des mines.

L'auteur constate que, dans les moteurs à explosion, surtout à quatre temps, les variations d'éléments supposés fixes, tels que les coefficients de dilatation et de chaleur spécifique des gaz, aujourd'hui reconnus fonction de la température, produisent des effets dont il est indispensable de tenir compte dans l'étude du fonctionnement d'un moteur à gaz et qui expliquent pourquoi la marche de ce moteur ne peut être correctement représentée par les diagrammes théoriques. Il y a, en effet,

un certain nombre de phénomènes qu'il est nécessaire de faire intervenir, par exemple, les perturbations qu'apporte la présence de la chambre de détonation dans le régime d'admission, l'avance à l'explosion et à l'expulsion, la non-instantanéité de l'explosion, le fait que ni la détente ni la compression ne sont adiabatiques, etc. Le mémoire étudie l'influence de ces diverses causes et formule, sous forme de conclusions, un certain nombre de points qu'il a mis en lumière chemin faisant.

Ainsi, il expose qu'il y a intérêt à produire, dans les moteurs à explosion à quatre temps, de fortes compressions, c'est-à-dire à réduire le volume de la chambre de détonation par rapport à celui du cylindre.

Le cylindre doit être assez court et, théoriquement, le diamètre devrait être égal à la course augmentée de la longueur de la chambre de détonation supposée cylindrique et de même diamètre que le piston.

L'examen des phénomènes d'explosion conduit à désirer des mélanges homogènes et à prendre des précautions pour en produire la combustion parfaite.

Il y a donc peut-être lieu de multiplier les points d'allumage et de se préoccuper de leur répartition par rapport à la masse des gaz tonnants, car, si on allume par une extrémité, en un point unique, la déflagration mettra un certain temps à se propager jusqu'au moment où elle sera complète; mais cette durée sera diminuée si l'allumage a lieu vers le milieu de la masse tonnante, puisque la propagation de la détonation pourra dès lors avoir lieu dans deux directions opposées.

On comprend qu'en provoquant l'explosion sur plusieurs points bien répartis, au lieu de la déterminer en un seul, on diminuera la durée du phénomène, par suite, les gaz seront plus tôt combinés et la courbe du diagramme montera plus rapidement. On augmentera donc l'aire représentant le travail.

Notice sur Eugène Vicaire, Inspecteur général des Mines, par M. d'Ocagne, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Note additionnelle, par M. Ed. Sauvage, Ingénieur en chef des Mines, Professeur à l'École nationale supérieure des Mines.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Janvier 1902.

District de Paris.

Séance du 30 novembre 1901.

Communication de M. Pitaval sur **le four électrique en métallurgie** *(suite)*.

L'auteur parle, dans cette partie, du traitement au four électrique du chrome, du silicium, du manganèse, du nickel, et enfin des titane, tungstène et molybdène, avec le fer. Il rappelle en terminant que l'acti-

vité avec laquelle sont actuellement poussées les recherches sur le traitement des différents métaux et minerais au four électrique s'expliquent moins par la crainte de voir s'épuiser bientôt les gisements de combustibles minéraux que par le désir d'utiliser le plus rapidement possible les ressources hydrauliques mises si généreusement à la disposition de certaines contrées par la nature. Il ne faut pas oublier que la France est obligée d'acheter tous les ans de 12 à 15 millions de tonnes de houille à l'étranger alors qu'elle n'utilise qu'une infime partie de sa force hydraulique qu'on peut estimer au bas mot à 10 millions de chevaux.

Communication de M. Weiss sur **la consolidation des lignes métropolitaines.**

On sait que les anciennes exploitations de pierres et de gypse s'étendent sous une partie de Paris; on a dû se préoccuper de la rencontre de ces excavations par les travaux des lignes métropolitaines. En réalité les seules lignes passant dans la région des carrières sont : la circulaire sud n° 2, la transversale n° 4, la ligne n° 6 et la ligne du Palais-Royal à la place du Danube qui traverse, près des Buttes Chaumont, les carrières dites d'Amérique, totalement effondrées.

On rencontre deux cas : celui où le ciel de carrière est en bon état; la construction de piliers en maçonnerie soutenant le ciel au droit des ouvrages à construire permet alors d'assurer la solidité du sol. Dans le second cas, qui est celui où le ciel s'est effondré, on perce des puits jusqu'au sol de carrière, on les remplit de béton, et, sur ces colonnes, on établit soit des voûtes en maçonnerie lorsqu'il s'agit de soutenir des murs verticaux, soit un plateau de béton armé lorsqu'il s'agit de supporter l'ensemble d'un ouvrage. Ces travaux de consolidation font partie de l'infrastructure et sont, par conséquent, à la charge de la Ville de Paris. Ils doivent précéder la construction proprement dite des lignes métropolitaines.

Communication de M. Machavoine sur **les richesses métallifères de la Bretagne.**

L'auteur étudie rapidement et d'une manière générale la venue plombo-argentifère qui, partant du Cornouailles anglais, vient aboutir en France dans les départements du Finistère, du Morbihan, de l'Ille-et-Vilaine et des Côtes du Nord. Il décrit successivement et en détail les mines de Pontpean et de la Touche (Ille-et-Vilaine) et de Huelgoat et Poullaouen (Finistère).

La fin de cette communication sera donnée dans une autre séance.

Production houillère du Pas-de-Calais et du Nord en 1900 et 1901.

Dans le bassin du Pas-de-Calais, la production s'est élevée pour 79 puits, en 1901 à 14 657 584 *t*, soit 205 000 *t* de moins que pendant l'année précédente.

Dans le bassin du Nord, pour 49 puits, la production de 1901 a été de 5 692 503 *t* inférieure de 315 000 *t* à celle de 1900.

Pour les deux bassins, la diminution, par rapport à 1900, est de 526 000 *t*.

Production de la Loire en 1900 et 1901.

La production de houille de la Loire a été, en 1901, de 3 794 793 *t* en diminution de 152 205 *t* sur celle de 1900. Il a été produit 212 750 *t* d'agglomérés, soit 15 195 *t* de plus qu'en 1900 et la production de coke a été de 95 450 *t* soit 19 882 de moins que pendant l'année 1900.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 5. — *1er février 1902.*

Emploi de la vapeur surchauffée dans les locomotives d'après le système de Wilhelm Schmidt, de Wilhemshöhe, près Cassel, par Garbe.

Compresseur compound vertical au puits « Minister Stein », par R. Goetze.

Aperçu sur la question du frottement et de l'usure des roues dentées, par K. Büchner.

Groupe de Berlin. — Cinquantième anniversaire de la mise en exploitation des mines de sel de Stassfurt.

Groupe de Cologne. — La fabrication de l'acide picrique.

Groupe de Mannheim. — Les installations électriques municipales de Mannheim.

Bibliographie. — La turbine Francis et le développement de la construction des turbines; par W. Müller. — Histoire de la machine à vapeur, par K. Matschoss.

Revue. — Transport d'un pont métallique. — Grue tournante de la fabrique de machines de Benrath. — Locomotive sans foyer de la fabrique de machines Orenstein et Koppel.

N° 6. — *8 février 1902.*

Les installations d'électricité de Berlin, en 1902, par L. Datterer.

Emploi de la vapeur surchauffée dans les locomotives, d'après le système de Wilhelm Schmidt, par Garbe *(fin).*

Exposition universelle de 1900. — Les machines de filature, par G. Rohn *(suite).*

Groupe d'Alsace-Lorraine. — Nouveautés dans la question de l'éclairage au gaz. — Le dash-pot des machines Corliss,

Bibliographie. — Les ascenseurs à commande électrique, leur construction et leur service, par P. Schwehm.

Revue. — Emploi de l'électricité pour la commande des outils dans les chantiers de la Palmer Shipbuilding and Iron C°. — Tour revolver de la Société L. Lowe et Cie. — Emploi du gaz de fours à coke pour l'éclairage.

N° 7. — *15 février 1902.*

Les chemins de fer électriques aérien et souterrain de Berlin, par Langbein.

Groupe de Carlsruhe. — L'École grand-ducale de construction à Carlsruhe.

Revue. — Le développement de la marine militaire des États-Unis. — Le chemin de fer de Tsingtan à Tsi-nan-fu.

N° 8. — *22 février 1902.*

Concours pour le projet d'un pont-route sur le Neckar, près de Mannheim, par C. Bernhard *(fin).*

Les chemins de fer électriques aérien et souterrain de Berlin, par Langbein *(suite).*

Exposition universelle de 1900. — Les machines agricoles, par H. Gründke *(suite).*

Aperçu sur la question du frottement et de l'usure des roues dentées, par K. Büchner *(fin).*

Groupe de Poméranie. — Rondelles pour joints étanches.

Bibliographie. — Les nouvelles machines frigorifiques, leur fonctionnement et leurs applications industrielles, par H. Lorenz.

Revue. — Station centrale de force motrice de la nouvelle ligne électrique de Paris à Versailles. — Usine métallurgique d'Eisenerz en Styrie.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. MALLET.

BIBLIOGRAPHIE

IIe SECTION

Le Manuel pratique du Constructeur d'Automobiles à pétrole, par M. Maurice FARMAN (1).

L'Automobilisme se développe actuellement avec une rapidité extraordinaire : chaque jour, les usines existantes augmentent leur production et créent des modèles inédits plus perfectionnés; en même temps, de nouveaux ingénieurs entrent eux aussi dans la lice, et tentent de rivaliser avec leurs aînés, voire même de les dépasser.

Dans ces conditions, une nouvelle littérature se crée, sè développe et croit tous les jours : revues, traités théoriques et livres techniques.

Le *Manuel pratique du Constructeur d'Automobiles à pétrole* appartient à la fois à ces deux dernières catégories. Bien que la partie théorique pure soit réduite au minimum, les idées générales sont cependant assez bien classées et exposées pour que le « Manuel » puisse être, à certains égards, considéré comme un traité théorique. D'ailleurs, la théorie du moteur à pétrole y est très convenablement résumée. Mais les considérations pratiques y occupent incontestablement la première place.

Les six premiers chapitres sont respectivement consacrés à des monographies détaillées des véhicules suivants : Panhard et Levassor, Mors, Peugeot, Dietrich, de Dion et Bouton, et Bardon.

Au début de l'étude de la voiture Panhard et Levassor, l'auteur affirme que, lors de l'introduction en France du moteur Daimler, Levassor voulait un moteur horizontal à l'arrière, et M. Peugeot, au contraire, le voulait vertical, et à l'avant. « Depuis, dit-il, c'est l'inverse qui s'est produit : M. Levassor a suivi l'idée de M. Peugeot, et ce dernier celle de M. Levassor. » Ceci nous étonne fort, car nous avons toujours connu M. Levassor comme un partisan convaincu du moteur vertical à l'avant, disposition dont il nous a souvent expliqué les avantages.

L'auteur décrit le moteur Phénix puis il suit le développement de la voiture Panhard et Levassor jusqu'au type moderne. Il donne les caractéristiques des principales pièces, et termine en donnant les dimensions des principaux organes du moteur Phénix proprement dit : « force num. 6 *ch.* à 2 cylindres et 12 *ch.* à 4 cylindres ».

Dans la voiture Mors, il commence par le 16 *ch.*, donne une figure complète de la canalisation électrique, et s'étend sur l'embrayage « idée toute nouvelle et ayant donné de très bons résultats ». Il donne ensuite les principales dimensions du moteur 16 *ch.* ou 8 *ch.* (4 ou 2 cylindres) puis il passe à la voiture à 4 cylindres inclinés à 45°.

(1) In-16-185×135 de 204 pages avec 65 figures, et atlas 325×250 de 20 planches, Paris, Bernard Tignol, prix 9 *fr.* broché.

En ce qui concerne la voiture Peugeot, l'auteur commence par la comparer à la voiture Panhard :

« Les différences capitales entre les deux voitures sont:

» 1° voiture Peugeot, moteur à l'arrière ;
» — Panhard, moteur à l'avant.
» 2° — Peugeot, châssis en tubes ;
» — Panhard, châssis en bois avec flasques.
» 3° — Peugeot. Pas de pignons d'angle ;
» — Panhard. Avec pignons d'angle. »

L'auteur s'étend sur la description du châssis :

« Une des particularités de la voiture Peugeot réside dans son » châssis.

» Celui-ci, au lieu d'être en cornière ou en bois avec plaques d'acier, » est en tube.

» Dans les anciens modèles, l'eau de refroidissement circule dans ces » tubes.

» Cette disposition a été abandonnée par suite de la difficulté prouvée » à les déboucher lorsqu'ils s'engorgent. »

Il donne ensuite une description des changements de vitesse et de la circulation d'eau, et termine par les principales mesures de la voiture Peugeot de 8 *ch.* à 2 cylindres.

Dans la voiture Diétrich, la description est celle de la voiture de 9 *ch.* (brevet A. Bollée).

La circulation d'eau sans pompe, qui est spéciale à ce véhicule, est expliquée par un schéma. Puis, l'auteur passe au graissage :

« Un réservoir placé soit sous l'avant de la voiture, soit sous le siège, » amene l'huile, à l'aide d'un tube en cuivre rouge, au carter du » moteur.

» Les têtes de bielle, en barbotant dans l'huile, la lance jusqu'aux » cylindres où les pistons la recueillent à leur passage.

» Ce mode de graissage est le même que celui employé pour le » moteur de Dion et pour le Phénix nouveau modèle. »

Les mesures principales du moteur de 9 *ch.* terminent la monographie de la voiture Diétrich.

L'auteur examine ensuite le moteur de Dion et Bouton à ailettes de 2 *ch.* 3/4. Il fait très justement remarquer « cette particularité d'une » course et d'un alésage de même longueur. Si, comme, en général, la » course était une fois et demie celle de l'alésage, il serait probablement » fort difficile de faire tourner le moteur à 2.000 tours à la minute » comme le fait le de Dion.

» Déjà le piston parcourt 280 *m.* à la minute, soit près de 5 *m.* à la » seconde. »

L'auteur donne les principales dimensions de ce moteur, puis il passe à la voiturette dont il prend la description dans *la France Automobile.*

La voiturette Bardon est ensuite décrite. Il est rappelé que le moteur se compose d'un seul cylindre horizontal dans lequel se meuvent deux

pistons. Puis les caractéristiques de la transmission Bardon sont notées.

L'auteur passe ensuite à la deuxième partie dans laquelle il étudie successivement les éléments des véhicules.

Un des chapitres les plus intéressants est celui où il parle des essieux et de la nature du métal de cette importante pièce. Il conclut très justement que le fer est aujourd'hui le seul métal qui semble donner toute la sécurité désirable.

Les bandages et pneumatiques sont également décrits.

En résumé, cette courte analyse suffit à montrer que l'ouvrage de M. Farman, accompagné d'un atlas de planches, a sa place toute marquée dans la bibliothèque de ceux qui s'intéressent à l'automobilisme.

L. DE CHASSELOUP-LAUBAT.

Traction and Transmission a Monthly supplement to Engineering (1).

La littérature technique et périodique anglaise, en même temps du reste que la bibliothèque de notre Société, vient de s'enrichir d'une nouvelle publication, considérable par les noms qui en sont les garants comme par son format, l'abondance des matériaux qu'elle contient, et aussi le luxe de son impression: il s'agit de la Revue mensuelle *Traction and Transmission*, que MM. Maw et Dredge, les directeurs bien connus de l'*Engineering* de Londres ont commencé de publier depuis le mois d'avril de l'année dernière. On peut dire sans exagération que cet énorme supplément est bien une revue par elle-même, qui a toute sa valeur indépendamment d'*Engineering*, d'abord parce que c'est une publication mensuelle qui a chaque mois plus de cinquante à soixante pages d'un grand format in-4°, et aussi parce que son but est sensiblement différent de celui d'*Engineering* même. Assurément, en créant cette revue, les éditeurs ont eu en partie l'intention d'augmenter la place disponible, qui devenait un peu étroite dans leur journal, qui pourtant contient tant de matières; mais ils ont eu aussi l'intention de traiter avec plus de développement, et en se plaçant à un point de vue plus large et moins étroitement technique au sens strict du mot, toutes les questions que laisse deviner ce titre, et qui se rapportent par conséquent à la traction et à la transmission: ces deux mots devant eux-mêmes être pris avec leur signification la plus vaste, puisque, en parcourant les numéros déjà parus de la Revue, on y trouve traitées des questions générales de traction électrique, tout aussi bien que le vaste problème de la transmission des pensées, depuis les procédés les plus primitifs des anciens jusqu'aux méthodes si nouvelles de télégraphie moderne, en passant par les systèmes les plus élémentaires du commencement du dix neuvième siècle.

(1) Collection des onze premiers numéros à ce jour, in-4°, avec illustrations et planches. Londres.

Il va sans dire qu'à notre époque l'électricité doit jouer un tôle prépondérant dans une revue ayant un semblable programme; mais celle-ci n'est nullement réservée aux applications électriques. De plus nous parlions de questions générales, et le fait est que nous y verrions par exemple exposées des questions point du tout spécialisées comme le municipalisme, le développement des entreprises industrielles par les soins des municipalités, industries, nous devons le reconnaître, qui portent surtout sur la traction et la transmission de la force et de la lumière.

Un intérêt particulier de *Traction and Transmission* réside dans ce fait que la rédaction, tout comme les sujets traités, en est tout à fait cosmopolite. C'est ainsi que nous verrons, en parcourant les numéros successifs, que de nombreuses questions françaises ont été traitées avec développement, depuis le Métropolitain parisien jusqu'au prolongement dans Paris de ligne d'Orléans ou aux voitures électriques de fabrication française; d'autre part ces articles sont signés de noms français, parmi lesquels nous avons plaisir à citer celui de M. E. Sartiaux traitant de la question de l'instruction des ingénieurs électriciens en France. C'est là du reste une question d'intérêt considérable que les Rédacteurs en chef de *Traction* ont voulu voir étudier dans leurs colonnes par des spécialistes de tous les pays. Nous ne pouvons citer tous les noms si autorisés des ingénieurs et des savants de diverses nationalités qui se rencontrent dans les colonnes de *Traction and Transmission ;* M. Zehme, M. Mauermann, M. Eric Gerard, M. Zemenza, M. de Grièges, etc.

Comme nous le disions, cette revue est luxueusement imprimée, elle comporte une richesse d'illustrations, photographies, dessins, planches, qui en rend la lecture des plus faciles et l'aspect des plus agréables. La Bibliothèque ne la possédait pas encore, et nous pensons que nos collègues nous approuveront d'avoir fait le nécessaire pour que le service nous en soit désormais fait régulièrement, et que les travailleurs aient à leur disposition les précieux éléments d'information qu'on y trouve chaque mois.

Daniel BELLET.

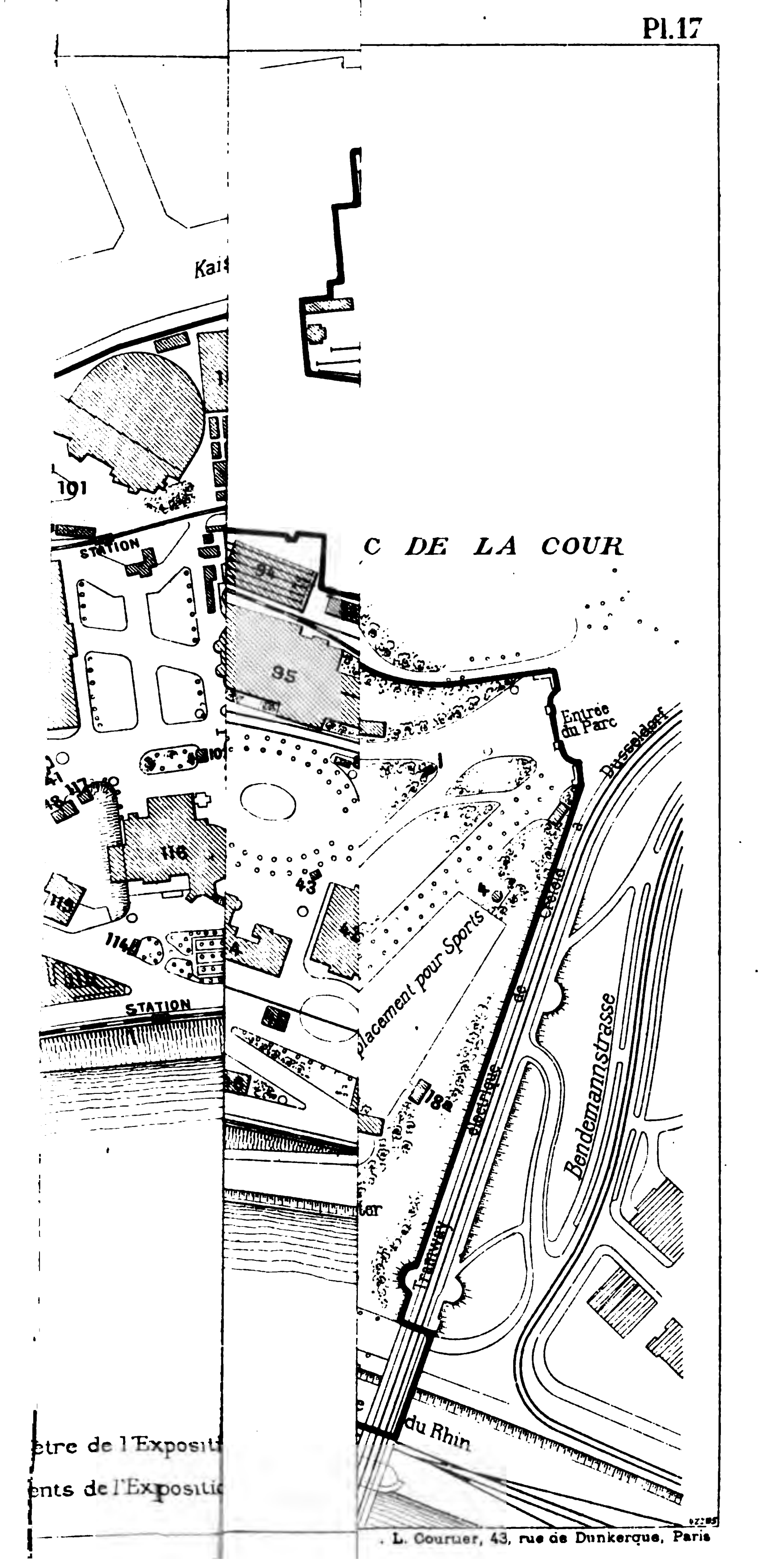
Le Gérant, Secrétaire administratif,
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 4170-2-02. — (Encre Lorilleux).

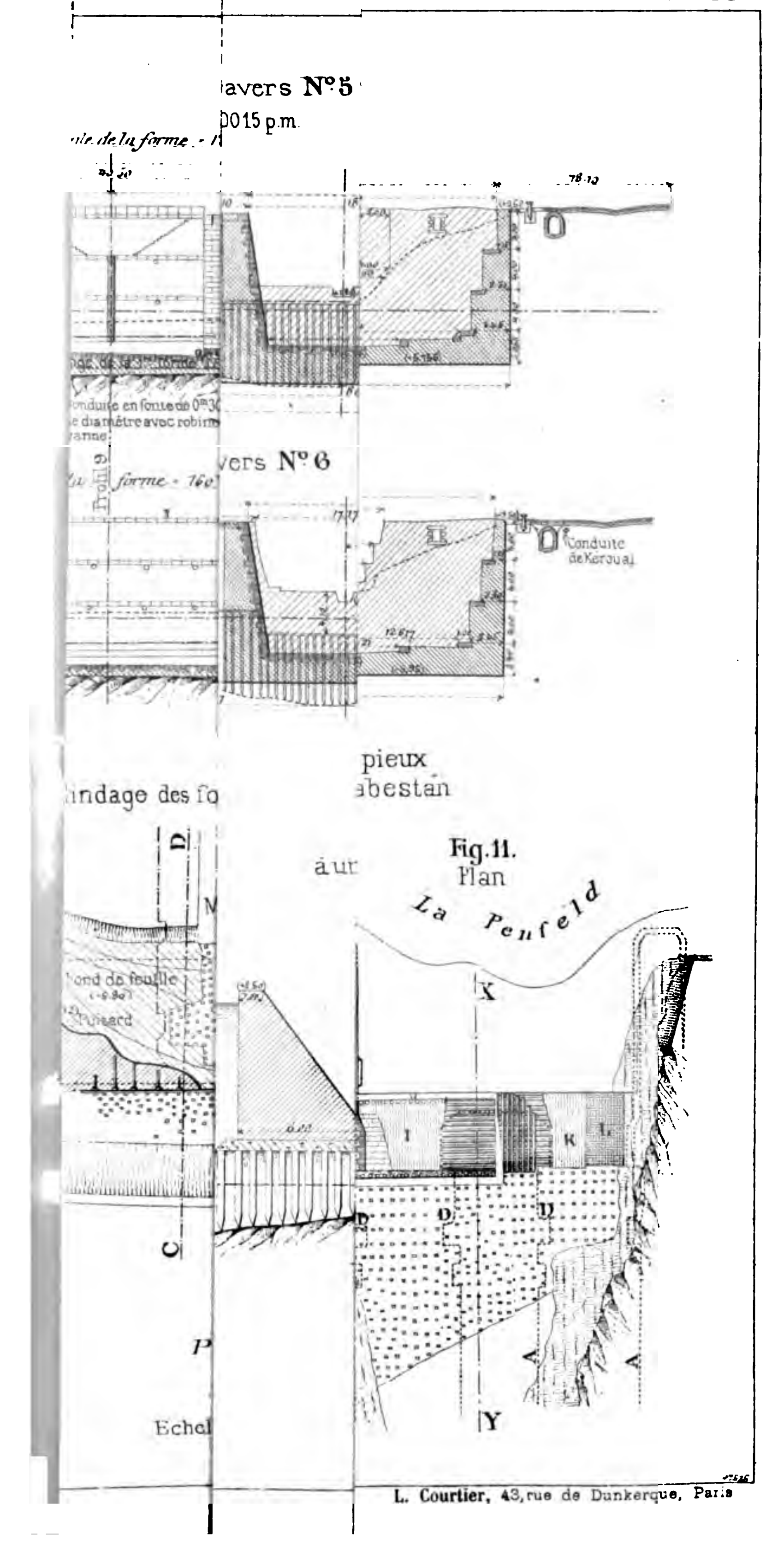
etre

ents

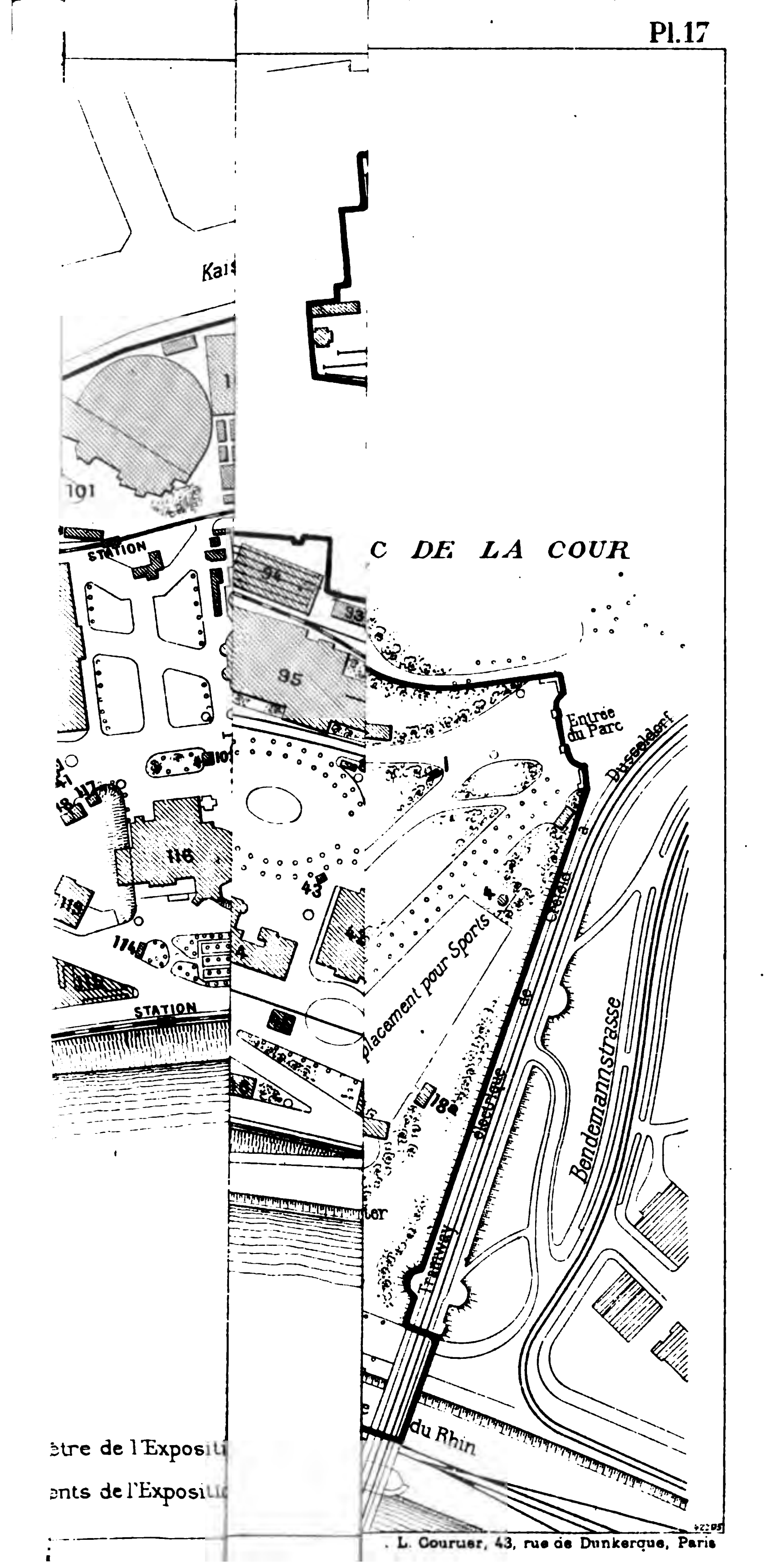
Pl. 17



L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris



L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris



L. Courier, 43, rue de Dunkerque, Paris

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

MARS 1902

N° 3

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de mars 1902, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

Ministère de l'Agriculture. Bulletin (Annexe). Direction de l'Hydraulique agricole. Documents officiels. Statistique. Rapports. Fascicule 26 (in-8°, 280 × 180 de 316 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902. 41518

Chemins de fer et Tramways.

Barbier (F.) et Godfernaux (R.). — *Les locomotives à l'Exposition de 1900*, par F. Barbier et R. Godfernaux. *I. — Locomotives à vapeur. II. — Locomotives et automotrices électriques* (in-4°, 320 × 225 de 313 p., 124 fig. et 73 pl.). Paris, Ve Ch. Dunod, 1902 (Don des auteurs, M. de la S.). 41568

Fuster (Ed.). — *Annuaire général des Tramways de France*, publié sous les auspices de l'Union des Tramways de France (Syndicat professionnel), par Édouard Fuster. *Septembre 1901* (in-8°, 220 × 135 de 800 p.). Paris, au Secrétariat de l'Union des Tramways de France; chez Mme Ve Dunod (Don de M. Ed. Fuster). 41504

Traction and Transmission. A Monthly Supplement to Engineering. *Nos 1 à 11. April 1901 to February 1902* (11 fascicules 310 × 250) London, 35 and 36, Bedford St. Strand (Don de M. D. Bellet, M. de la S.). 41527 à 41537

Chimie industrielle.

Peintures au blanc de zinc (Société anonyme des Mines et Fonderies de zinc de la Vieille-Montagne) (in-4°, 260 × 205 de 18 p.). Paris, Imprimerie Chaix, 1895 (in-8°, 140 × 220 de 16 p.). Paris, Imprimerie Chaix, 1901. 41549 et 41551

Construction des Machines.

Association Lyonnaise des Propriétaires d'appareils à vapeur. Explosion et accidents survenus dans les régions lyonnaise et voisines (appareils non soumis à la surveillance de l'Association) (album 275 × 370 de 31 pl.). Lyon, A. Storck et Cie. 41509

Chaudières Solignac-Grille (in-8°, 265 × 185 de 56 p. avec 15 fig. 17 phot. et 1 tabl.). Paris, Imprimerie H. Bouquet. 41538

Emploi du zinc laminé pour empêcher l'oxydation et l'incrustation des chaudières à vapeur (Société anonyme des Mines et Fonderies de zinc de la Vieille-Montagne) (in-8°, 225 × 175 de 10 p. avec 8 pl.), 1895 (in-8°, 225 × 155 de 7 p. avec 8 pl.). Paris, Imprimerie Eugène Lemasson, 1901. 41539 et 41550

Guédon (P. et Y.). — *Manuel pratique du conducteur d'automobiles*, par Pierre Guédon et Yves Guédon (in-18, 135 × 125 de 496 p. avec 190 fig.). Paris, J. Fritsch, 1900. 41524

Moreau (G.). — *Les Moteurs à explosion. Étude à l'usage des constructeurs et conducteurs d'automobiles*, par George Moreau (in-8°, 250 × 160 de XII-435 p. avec 104 fig.). Paris, Ch. Béranger, 1900. 41523

Économie politique et sociale.

Cacheux (E.). — *La Mobilisation du sol. Le sacrifice de la propriété privée*, par M. Cacheux (Extraits du Bulletin des sciences économiques et sociales du Comité des Travaux historiques et scientifiques. Année 1901) (2 brochures in-8°, 240 × 160 de 7 p. et de 4 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1901 (Don de l'auteur, M. de la S.). 41507 et 41508

Paris charitable et prévoyant, Tableau des œuvres et institutions du département de la Seine. Publié par les soins de l'Office central des œuvres de bienfaisance reconnu d'utilité publique, 175, boulevard Saint-Germain (in-8°, 250 × 165 de VII-644 p.). Paris, E. Plon, Nourrit et Cie, 1897. Deuxième édition. 41548

Rapports sur l'application, pendant l'année 1900, des lois réglementant le travail (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du Travail) (in-8°, 235 × 155 de CCI-673 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1901. 41506

Seconde Enquête sur le placement des employés, des ouvriers et des domestiques (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Office du Travail) (in-8° 250 × 165 de 187 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1901. 41567

Législation.

Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale. Annuaire pour l'année 1902 (in-18, 175 × 115 de 130 p.). Paris, Typographie Philippe Renouard, 1902. 41559

Syndicat professionnel des Usines d'électricité. Annuaire 1902. Septième année (in-8°, 240 × 155 de 184 p.). Paris, Imprimerie Lefebre-Ducrocq, 1902. 41519

Métallurgie et Mines.

Chalon (P.-F.). — *Aide-mémoire du mineur et du prospecteur*, par Paul F. Chalon. Nouvelle édition entièrement refondue (in-16, 165 × 105 de xii-412 p.). Paris, Ch. Béranger, 1902 (Don de l'auteur et de l'éditeur, M. de la S.) 41505

Cordeweener (J.). — *Contribution à l'étude de la crise industrielle du Donetz. Géologie de Krivoï-Rog et de Kertsch. Production sidérurgique de la Russie méridionale*, par Jules Cordeweener (in-8°, 245 × 160 de 328 p. avec 19 photogravures et 4 cartes). Bruxelles, Ad. Manceaux, 1902 (Don de l'auteur). 41566

Loranskii (A.). —*Sbornike statistitcheskikhe sviédiénii o Ghornozavodskoi promychlennosti Rossii ve 1899 ghodou.* Sostavile po offitsialinyme dannyme A. Loranskii (in-8°, 270 × 175 de cvi-476 p.). Saint-Pétersbourg, 1901. 41526

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

Bubendey. — *Die Grenzen der Seeschiffahrt.* Rede zum Geburtsfeste Seiner Majestät der Kaisers und Königs Wilhelm II, in der Königlichers Technischen Hochschule zu Berlin am 26, Januar 1902, gehalten von dem zeitigen Rektor Bubendey (in-8°, 270 × 240 de 20 p.). Berlin, Buchdruckerei von Denter und Nicolas, 1902. 41515

Mähl (L.). — *La Houille blanche et son utilisation par le réseau général des forces naturelles hydro-électriques. Étude d'économie politique et sociale. Etude technique préliminaire d'un transport de force électrique de Grenoble à Paris. Applications diverses*, par L. Mähl (in-8°, 270 × 190 de 40 p.). Paris, Imprimerie de Vaugirard, 1902 (Don de Mme Ve Ch. Dunod, éditeur). 41560

Périodiques divers.

Journal officiel de la République Française. Tables alphabétiques et analytiques de 1901 (in-4°, 330 × 240 de 128-16-9-35-16 pages). Paris, Imprimerie des Journaux officiels. 41516

Paris-Hachette 1902. Annuaire complet, commercial, administratif et mondain (in-16, 200 × 140 de 204-904-560-592-300-XXXVI pages avec 1 plan de Paris). Paris, Hachette et Cie, 1902. 41513

Sciences mathématiques.

LEFORT (L.). — *Calcul des poutres droites et planchers en béton de ciment armé*, par L. Lefort (Extrait des Nouvelles Annales de la Construction) (in-8°, 250 × 160 de VI-162 p. avec 48 fig. et 7 abaques). Paris, Ch. Béranger, 1899. 41522

RÉSAL (J.). — *Ponts métalliques*, par Jean Résal. *Tome premier*. Seconde édition revue et augmentée. *Tome second. Poutres à travées solidaires* (Encyclopédie des Travaux publics fondée par M.-C. Lechalas) (2 vol. in-8°, 150 × 160 de XLII-639 p. et de XLVIII-624 p.). Paris, Baudry et Cie, 1893 et 1889. 41520 et 41521

Sciences morales. — Divers.

1851-1901. Cinquantenaire scientifique de M. Berthelot, 24 novembre 1901 (in-4°, 285 × 210 de 188 p. avec 14 pl.). Paris, Gauthier-Villars, 1902 (Don du Ministère de l'Instruction publique). 41569

Technologie générale.

Association française pour l'avancement des sciences. Conférences de Paris. Compte rendu de la 30e session. Première partie. Documents officiels. Procès verbaux (in-8°, 245 × 155 de CXIII-310 p. avec 1 carte). Paris, au siège de l'Association, 1901. 41512

Catalogue des ouvrages composant la Bibliothèque de l'École Centrale des Arts et Manufactures (in-8°, 250 × 165 de XIV-503 p.). Paris, Imprimerie des Arts et Manufactures, 1899 (Don de M. P. Buquet, Directeur de l'Ecole Centrale, M. de la S.). 41557

Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie. *(Publication in extenso. Janvier 1900. 295797 à 296478)* (in-8°, 250 × 160). Paris, Imprimerie Nationale, 1902. 41525

Descriptive Index of current Literature. Volume 1884-1891 (inclusive) (in-8°, 230 × 150 de XIV-495 p.). Chicago, Published by the Board of the Managers of the Association of Engineering Societies (Don de M. H. H. Suplee. M. de la S.). 41510

École Centrale des Arts et Manufactures. Portefeuille des travaux de vacances des Élèves publiés par la Direction de l'École. Années 1889-1890-1891-1892 (Ministère du Commerce) (3 atlas 560 × 375). Paris, Imprimerie et librairie de l'École Centrale des Arts et Manufactures, 1885 à 1888 (Don de M. P. Buquet, Directeur de l'École Centrale, M. de la S.). 41562 à 41564

École Centrale des Arts et Manufactures. Portefeuille des travaux de vacances des élèves publiés par la Direction de l'École. Années 1897-1898, 1898-1899, 1899-1900, 1900-1901 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes) (4 atlas 560 × 375). Paris, Imprimerie et librairie des Arts et Manufactures, 1898 à 1901 (Don de M. P. Buquet, Directeur de l'École Centrale, M. de la S.). 41553 à 41556

International Engineering Congress, Glasgow 1901. Section III (Mechanical). Arranged by the Institution of Mechanical Engineers (in-8°, 215 × 140, p. 783 à 1 024 et pl. 158 à 175. The Institution of Mechanical Engineers. Proceedings. September 1901). London, Published by the Institution, 1901. 41552

Périssé (S.). — *De l'influence du technicien sur le commerce et l'industrie*, par M. S. Périssé (in-8°, 250 × 165 de 16 p.). 41561

Revue technique de l'Exposition universelle de 1900. Deuxième partie. Matériel et procédés généraux de la Mécanique. Tome I, 1er fascicule (in-8°, 280 × 190 de 424 p. avec atlas 370 × 280 de 40 pl.). — *Deuxième partie. Matériel et procédés généraux de la Mécanique. Tome III, 1er fascicule* (in-8°, 280 × 190 de 208 p. avec atlas 370 × 280 de 38 pl.). — *Quatrième partie. Génie civil. Tome I, 3e fascicule* (in-8°, 280 × 190, pages 345 à 960). — *Sixième partie. Génie rural et Industries agricoles et alimentaires. Tome I, 1er fascicule* (in-8°, 280 × 190 de 159 p.). — *Neuvième partie. Industries chimiques et diverses. Tome I, 1er fascicule* (in-8°, 280 × 190 de 118 p. avec 46 fig.). Paris, E. Bernard et Cie, 1901 et 1902 (Don des éditeurs). 41541 à 41547

The Engineering Index. Volume II. 1892-1895. Edited by J. B. Johnson (in-8°, 245 × 165 de xv-474 p.). New-York, Published by the Engineering Magazine, 1896 (Don de M. H. H. Suplee, M. de la S.). 41511

Travaux publics.

Annales des Ponts et Chaussées. 1re partie. Mémoires et Documents. 71e année. 8e série. 1re année 1901. 3me trimestre (in-8°, 255 × 165 de 425 p. avec pl. 9 à 12). Paris, E. Bernard et Cie. 41517

Annales des Ponts et Chaussées. Tables générales VIIe série. Période décennale 1891-1900 (in-8°, 225 × 140 de VIII-957 p.). Paris, Ve Ch. Dunod, 1901. 41558

Cahier des charges pour la fourniture et réception du Ciment Portland à employer dans les travaux publics nationaux. Publication officielle (République Argentine. Ministère des Travaux publics) (in-8°, 260 × 170 de 14 p.). Buenos-Aires, 1901. 41540

Guichard (P.). — *La question de l'Eau potable devant les Municipalités*, par P. Guichard (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 191 p.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie (Don de l'éditeur). 41514

Société anonyme des Mines et Fonderies de zinc de la Vieille-Montagne. Couvertures et chéneaux en zinc. Peintures au blanc de zinc (in-4°, 270 × 220). Paris, 19, rue Richer. 41549

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de mars 1902, sont :

Comme Membres Sociétaires, MM. :

G.-P.-S.	Agniel,	présenté par MM.	Couriot, Lahaye, de Dax.
L.	Andreoni,	—	Canet, Calmettes, G. Dumont.
M.-C.A.	Armengaud,	—	Brüll, Mardelet, P. Regnard.
L.-L.	Benoist,	—	Couroux, A. Neveu, Pérès.
E.-H.-Ch.	Charquillon,	—	P. Buquet, Jonte, Hamet.
E.	Delamarre,	—	Brulé, Gibus, Oudin.
H.-P.	Félix,	—	Lemoine, Passerat, Henriot.
A.-A.	Gouvion,	—	Compère, Lacroix, L. Périssé.
J.-J.	Holzschuch,	—	du Bousquet, Binot de Villiers, Perroud.
R.	Huberson,	—	Mesureur, Brousse, Charpentier.
J.-A.	Mazeran,	—	Mesureur, Granddemange, Letort.
Ch.-P.	Milandre,	—	Mesureur, Forgue, Ch. Vigreux.
G.-A.	Omnès,	—	Mesureur, Armengaud aîné, de Dax.
Ch.-L.	Regnault,	—	Bour, Manaut, Roman.
E.-P.	Sabrou,	—	Mesureur, Granddemange, Letort.
P.-D.	Sordoillet,	—	Molinos, L. Salomon, M. Delmas.
Th.-M.	Vidal,	—	H. Julien, G. Mercier, Salmon.

Comme Membres Associés, MM. :

Ch.-L.	Baudry de Saunier,	présenté par MM.	R. Varennes, Amiot, Serpollet.
G.-M.	Corlin,	—	R. Varennes, Brévillé, A. Duval.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MARS 1902

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 7 MARS 1902

Présidence de M. L. Salomon, Vice-Président.

Le Procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président dit que M. Jules Mesureur, Président de la Société, absent de Paris, l'a chargé de l'excuser auprès de ses Collègues.

M. le Président a le regret d'annoncer le décès de :

M. Ch. Donnay, ancien élève de l'École Centrale (1846); Membre fondateur de la Société (1848); a été répétiteur à l'École Centrale; constructeur de machines; Secrétaire de la Société de 1863 à 1867;

M. F. Retterer, Membre de la Société depuis 1887; Ingénieur-constructeur en fer et galvanisation.

M. le Président adresse aux familles de nos regrettés Collègues l'expression des sentiments de condoléance de la Société.

M. le Président a le plaisir d'annoncer à la Société les décorations et nominations suivantes : Ont été nommés :

Officiers de l'Instruction Publique : MM. H. de Baecker, Ch.-A. Bourdon, Ed. Halphen, A.-J. Lespès et G.-Ch.-E. Vigreux;

Officiers d'Académie : MM. R.-E. Bloch, F.-M. Boutain, E.-P.-F. Desgrandchamps, C. Durey, E.-L.-G. Herscher-Geneste, R. Kiener, Ch. Michel, Ch.-L. Regnault, F. Schiff et L. Simon;

Chevalier de l'Ordre du Dannebrog (Danemark) : M. J. Hignette;

M. J.-M. Bel a reçu de la Société de Géographie commerciale de Paris la *Médaille de la Presse Coloniale* pour l'Ensemble de ses travaux en différents pays.

M. le Président signale que, par suite d'une erreur d'impression, le Procès-verbal de la dernière séance ne mentionne pas la nomination de notre Collègue, M. E. Pantz, comme Président de la Société des Anciens Élèves des Écoles Nationales d'Arts et Métiers.

Il est heureux, en réparant cette erreur, de féliciter vivement notre Collègue, ainsi que ceux qui ont été l'objet des distinctions honorifiques mentionnées ci-dessus.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance.

Cette liste sera insérée dans un prochain bulletin.

M. le Président communique à la Société les avis suivants :

1° Notre Collègue, M. É. Cacheux, qui avait été délégué de la Société à l'Assemblée générale de la Société Forestière Française des Amis des Arbres, a fait parvenir le compte rendu de cette Assemblée, compte rendu qui a été classé à la Bibliothèque de la Société;

2° MM. Lumière ont bien voulu nous inviter à visiter les installations du *Photorama* qu'ils viennent d'installer rue de Clichy.

La visite aura lieu le mardi 25 courant, à 10 heures 1/2 du matin. Réunion, 18, rue de Clichy. Une conférence explicative sera faite dans le vestibule du Photorama et, après la conférence, aura lieu une séance de projections.

MM. les Membres de la Société, pour pouvoir être admis, devront être porteurs soit de leur carte de Membre, soit de l'Insigne de la Société.

M. M. Dibos a la parole pour sa communication sur *le Sauvetage des navires naufragés.*

M. M. Dibos divise sa communication en trois parties : la première traite des procédés divers usités pour les sauvetages des bateaux de rivière dont il envisage les cas les plus généraux en montrant, à l'aide de projections multiples, les phases et expliquant les situations des coques aux temps successifs de l'opération de remise à flot. La méthode des pontons-allèges employée en rivière et sur les fleuves est aussi d'un secours précieux pour les opérations maritimes.

La deuxième traite des conditions générales et des causes les plus fréquentes de sinistres de paquebots, vapeurs, voiliers, dont, depuis 1878, à des titres divers, le conférencier a eu à s'occuper ou dans lesquels il est intervenu soit comme conseil, soit directement, pour opérer ou faire opérer les sauvetages et renflouages sur différents points du globe.

Les causes de sinistres peuvent se classer ainsi :

a) Abordages entre navires par temps de brouillard ;

b) Collisions entre navires aux entrées et sorties de ports et contre des obstacles ou des ouvrages d'art ;

c) Mises à la côte par temps de brume et erreurs de route ;

d) Mises au plein en fuyant devant le temps ou par un temps forcé ;

e) Chavirement à quai ou sur lest ;

f) Avaries sur une épave flottante.

Considérant les positions occupées par les bâtiments naufragés dans la période comprise entre 1878 et 1902, dont le conférencier a pu pren-

dre note, il arrive à classer les navires sinistrés en quatre catégories de travaux :

a) Navires sombrés, mais découvrant la blessure et tout ou partie de leurs ponts à basse-mer ;

b) Navires dont les ponts ne découvrent pas ;

c) Navires mi-submergés et couchés sur un bord ;

d) Navires coulés les uns sur les autres, position rendant les travaux extra-difficiles.

Le conférencier donne un aperçu sur l'outillage dont il convient de se servir. Il cite de nombreux exemples de bâtiments coulés. chavirés et remis à flot, en montre les très intéressantes photographies projetées ; résume les précautions à prendre pour éviter les chavirements, etc.

La troisième partie traite de considérations spéciales, notamment sur la transparence de l'eau de mer permettant par grands fonds, à l'aide d'observatoires aériens aérostatiques, le relèvement optique de l'emplacement exact d'épaves coulées ; sur le port d'amarres à bord de bâtiments à la côte, et l'établissement de va-et-vient en utilisant des aérostats ou des ballons dériveurs sur l'eau, au vent du navire en péril

M. Dibos termine par l'exposé curieux d'un retirement d'une locomotive tombée dans une cale de radoub.

M. Le Président remercie M. Dibos de nous avoir présenté, avec une compétence toute spéciale, cette intéressante question du sauvetage des navires qu'il a étudiée depuis longtemps et aux progrès de laquelle il a contribué.

M. Taupiat de Saint-Simeux a la parole pour sa communication sur *les Voies de communication et les moyens de transport à Madagascar ; leur état actuel, leur avenir*.

M. Taupiat, après avoir rappelé les communications du 4 mai 1900, de M. J. Marié, et du 1er février 1901, de M. Delaunay, dit que celle-ci a pour but de compléter les deux précédentes.

Il décrit successivement les deux grandes routes carrossables qui relient Tananarive, capitale de Madagascar, à Tamatave, le plus grand port du versant Est, et à Majunga, le plus grand port du versant Ouest et le meilleur de toute l'ile après celui de Diégo-Suarez.

Ces deux routes sont livrées à la circulation depuis les 1er janvier et 15 avril de l'année 1901. La route de l'Est qui s'étend sur 241 *km* a coûté 9 millions et a été construite par les soins de l'Infanterie coloniale et du Génie militaire ; la route de l'Ouest, d'une longueur de 337 *km*, a coûté 3 millions et a été entièrement étudiée et achevée par les soins de l'Artillerie coloniale sous la direction du très regretté capitaine Mauriès.

Les caractéristiques des deux routes sont à peu près les mêmes.

Largeur entre fossés.	5 *m*
Empierrement exécuté ou prévu.	3 *m*
Déclivités maxima.	0,08 à 0,12 0/0
Rayons minimums de.	10 à 25 *m*

Des projections montrent ensuite tous les types de ponts construits sur les deux routes.

Après avoir examiné les voies de communication, M. Taupiat parle des moyens de transport en les passant tous en revue les uns après les autres. Pour les marchandises, par bourjanes, par charretons à traction d'homme, par voitures à mulets, à chevaux ou à bœufs. Pour les voyageurs, par filanzanes et pousse-pousse. Enfin il parle du transport par automobiles dont la possibilité lui parait absolument démontrée et il donne des indications sur les chemins de fer qui sont en exécution ou qu'il y aurait lieu de construire les premiers.

M. Taupiat termine sa communication par un pieux hommage à la mémoire du capitaine Mauriès et de ses principaux collaborateurs, les capitaines Dalbavie, Liron, Steiner, et les gardes d'artillerie Marterer et Igert.

M. le Président remercie vivement M. Taupiat d'avoir exposé devant la Société les résultats de l'exploration intéressante et difficile qu'il a faite à Madagascar. On ne peut que le féliciter d'avoir donné le bon exemple en allant ainsi étudier sur place nos colonies, car c'est là, en effet, que réside en partie l'avenir de l'industrie française.

Il est donné lecture, en première présentation, de nouvelles demandes d'admission de MM. L. Andréoni, M.-C.-A. Armengaud, E.-H.-Ch. Charquillon, H.-P. Félix, J.-J. Holzschuch, R. Huberson, G.-A. Omnès, P.-D. Sordoillet, comme Membres Sociétaires, et de :

MM. Ch.-L. Baudry de Saunier et G.-M. Corlin, comme Membres Associés.

MM. G.-P.-S. Agniel, L.-L. Benoist, E. Delamarre, A.-A. Gouvion, J.-A. Mazeran, Ch.-P. Milandre, Ch.-L. Regnault, E.-P. Sabrou, T.-N. Vidal, sont reçus Membres Sociétaires.

La séance est levée à 11 heures un quart.

Le Secrétaire :
Marcel Delmas.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 21 MARS 1902

Présidence de M. P. Bodin, Vice-Président.

La séance est ouverte à huit heures trois quarts.

M. le Président dit que M. Jules Mesureur, Président de la Société, en ce moment, assez malade, s'excuse de ne pouvoir assister à la séance de ce soir.

Il souhaite à notre Président un prompt rétablissement.

M. le Président a le regret d'annoncer à la Société le décès de :

M. D. F. Weidknecht, Membre de la Société depuis 1892, Ingénieur-constructeur de locomotives et automobiles sur rails et sur routes;

M. A. Rosiès, Membre de la Société depuis 1865 : A été Ingénieur de la Compagnie des Chemins de fer de P.-L.-M. et de la construction des docks et entrepôts de Marseille, Ingénieur, Directeur des travaux de la Compagnie d'Entreprise de Travaux publics de la Méditerranée;

M. L.-L. Thoret, Ancien élève de l'École des Arts et Métiers d'Angers (1880); Membre de la Société depuis 1897; Ingénieur représentant de la maison Abel Pifre, constructeur d'ascenseurs.

M. le Président adresse à la famille de nos regrettés Collègues, l'expression des sentiments de condoléances de la Société.

M. le Président a le plaisir d'annoncer à la Société les décorations et nominations suivantes. Ont été nommés :

Commandeur du Nicham-Iftikar, M. A. du Beaufret;

Membres du Jury du Concours international des Moteurs et Appareils utilisant l'alcool dénaturé :

1re Division, 1re Section : Moteurs fixes. — M. Ch. Bourdon, Président; — MM. Ch. Gallois, Guyot-Sionnest, E. Hospitalier, A. Liébaut, L. Salomon, Membres;

2me Section : Automobiles et bateaux. — MM. A. Amiot, R. Bergès, L. de Chasseloup-Laubat, A. Loreau, H. Menier, L. Périssé, Membres;

2me Division : Appareils d'éclairage et de chauffage. — MM. Arachequesne, L. Baclé, A. Egrot, J. Grouvelle, A. Prangey, Membres.

M. le Président adresse à nos Collègues les félicitations de la Société.

M. le Président est heureux d'annoncer à la Société que notre Vice-Président, M. L. Coiseau, vient de nous faire abandon de 32 coupons au porteur, représentant une somme de 286,40 *f*, qu'il désire voir affecter au compte « Amortissement de l'Emprunt ».

M. le Président est certain d'être l'interprète de la Société tout entière en adressant à M. Coiseau de chaleureux remerciements.

M. le Président dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance.

Cette liste sera insérée dans un prochain Bulletin.

Le Ministère du Commerce et de l'Industrie nous informe que l'ouverture du Concours, pour l'admissibilité aux emplois de Professeur de mathématiques et de Dessin dans les Écoles d'Arts et Métiers, était reportée au 14 avril 1902. L'annonce de ce concours avait été faite aux Membres de la Société dans le procès-verbal du 7 février 1902.

Notre Collègue, M. J. Guillon, a été nommé correspondant à Paris de l'Exposition internationale de Lille, qui doit avoir lieu de mai à septembre prochain. Il se met à la disposition des Membres de la Société qui voudraient participer à cette Exposition.

M. le Président dit que M. Aug. Moreau, indisposé, est dans l'impossibilité de présenter sa communication sur *les Tramways aux Indes Néerlandaises*. Mais nous avons le plaisir d'avoir parmi nous ce soir, M. Delprat, Ingénieur en chef des Chemins de fer et Tramways des Indes Néerlandaises, et M. J. W. Post, notre Collègue, bien connu de beaucoup d'entre nous, et à qui l'on doit le système de traverse métallique qui porte son nom.

Ces Messieurs ont eu l'amabilité de nous apporter des projections qui compléteront très heureusement la conférence précédemment faite par M. Moreau, sur les Chemins de fer aux Indes Néerlandaises.

M. J. W. Post, avec la collaboration de M. Delprat, présente et explique une série de projections sur les Chemins de fer à Java et Sumatra.

Il décrit successivement la population indigène : La flore et la faune; les cratères de deux volcans; de vieux monuments datant de plus de dix siècles; des maisons européennes en tôle d'acier; des roues élévatoires indigènes pour irrigation. Puis, avec un peu plus de détails, il nous montre le tracé du chemin de fer; le port terminus; divers ponts et tranchées; la voie à crémaillère; le matériel roulant, et termine par les charbonnages et houillères.

M. le Président remercie vivement MM. Post et Delprat d'avoir bien voulu nous montrer les résultats fort intéressants obtenus dans ce pays, résultats auxquels, du reste, il les félicite d'avoir collaboré si activement.

Puis il donne la parole à M. E.-O. Lami, pour sa communication sur *l'organisation du travail dans les chantiers et ateliers, avec participation aux bénéfices pour le personnel, ouvriers et employés. Causes diverses d'intervention.*

M. E.-O. Lami, en exprimant sa satisfaction de prendre la parole au milieu des Ingénieurs et des Industriels, parmi lesquels il compte de vieux amis et de précieux collaborateurs, se propose de démontrer la supériorité du régime libéral sur le régime arbitraire, dans l'organisation du travail et les rapports des ouvriers et des patrons.

M. Lami, auteur du *Dictionnaire encyclopédique de l'Industrie*, expose que toutes les questions qui touchent à l'organisation du travail, à l'ave-

nir des ouvriers, sont toujours d'actualité. Il règne souvent, dans les rapports entre ouvriers et patrons, de l'irritation, de l'exaspération, ce qui rend la situation toujours plus difficile. Un tel état d'esprit, s'il était maintenu parmi les ouvriers, devrait être combattu ; la logique, le bon sens, l'intérêt personnel, comme l'intérêt général, et aussi un patriotisme prévoyant, obligent les patrons à serrer de très près ces questions, et à faire tous leurs efforts pour conjurer le péril qui menace notre industrie.

M. Lami développe diverses considérations sur le socialisme, le collectivisme, la liberté, l'humanité meilleure, les réformes sociales.

Parallèlement au progrès, au développement de l'industrie, les conditions de l'ouvrier se sont améliorées dans des proportions considérables ; le bien-être s'est répandu dans toutes les classes de la société.

La formule de *la participation aux bénéfices* est simple, elle n'a rien de doctrinal ; elle ne vise pas à l'effet d'une panacée. Notre regretté maître, Charles Robert, qui avait donné son âme de libéral et sa vie d'homme de bien à la participation, l'a ainsi définie : c'est une variété du contrat de louage de l'industrie, par laquelle l'ouvrier et l'employé reçoivent, en sus du salaire et du traitement, une part déterminée de bénéfices nets de l'entreprise, sans être exposés aux chances de perte.

D'où il suit qu'il n'y a pas là association dans le sens juridique du terme, et que la part appliquée dans ces conditions au travail est moindre que s'il s'agissait d'une association impliquant, pour chacun des co associés, les éventualités de perte et des chances de gain.

On a dit avec raison que le salaire constitue une bienveillante assurance qui met l'ouvrier à l'abri de toutes revendications. C'est vrai. Mais, le salaire ne représente souvent que les aliments et les choses nécessaires à l'entretien de la machine humaine. L'ouvrier, même économe, a bien de la peine à trouver, en marge de son salaire, de quoi assurer la subsistance des siens, en cas de mort prématurée.

On a dit que le capital et les capacités administratives sont des contingences supérieures, dans l'œuvre de la production, aux aptitudes de l'ouvrier, et que, lorsqu'on ajoute au salaire des primes progressives, le patron a fait tout son devoir. C'est discutable.

D'abord, il est inexact de mettre en parallèle le capital et la capacité administrative, et les aptitudes professionnelles de l'ouvrier : il faut comparer les aptitudes professionnelles de *l'ensemble des ouvriers* et des employés. Il est certain qu'à côté de la capacité d'un chef, il y a lieu de reconnaître l'importance des efforts du personnel et la valeur de son bon vouloir, de sa stabilité, de sa fidélité.

M. E.-O. Lami retrace ensuite rapidement quelques-uns des caractères généraux du régime de la participation.

Si l'on ne peut considérer ce système comme un remède souverain aux souffrances de l'industrie, les nombreux exemples que nous avons sous les yeux démontrent qu'il y a là un puissant élément de pacification sociale.

Il a été frappé de l'esprit qui règne dans toutes les institutions où la participation aux bénéfices fonctionne régulièrement et des sentiments de concorde et d'union qui animent les ouvriers et les patrons. Il y a là

un élément indéniable de progrès au point de vue économique et social.

Les patrons et le capital représentent la force-intelligence qui est en présence d'une autre force, force-nombre, dévoyée, déréglée, soumise aux influences les plus mauvaises et les plus dangereuses; c'est à la ramener à la compréhension de ses intérêts qu'il faut s'employer. Aujourd'hui un ingénieur technique doit être doublé d'un ingénieur social, les industriels doivent devenir des sociologues ; on ne peut méconnaitre la justesse de certaines revendications de la classe ouvrière, elles ne sont pas toutes exagérées. La tâche est ingrate, parce qu'il y a à combattre des adversaires ardents ; mais elle n'en sera que plus méritoire si, par des entretiens familiers, par des conseils bienveillants, on peut jeter quelque clarté dans ces intelligences obscurcies par des sophismes ; on aura contribué puissamment, à la pacification sociale..

M. le Président dit que nous avons la bonne fortune de posséder le Vice-Président de la Société de Participation aux bénéfices dont on vient de parler. Il a été un des premiers à appliquer la participation aux bénéfices en France. M. le Président le prie de prendre la parole.

M. Ed. Goffinon, Président de la Société pour l'Étude pratique de la Participation aux bénéfices, présente les excuses de M. Paul Delombre, qui n'a pu assister à la séance.

Il dit qu'il est un praticien, l'un des premiers qui aient étudié la participation aux bénéfices et l'aient mise en pratique. Ces études remontent à 1852 ; en 1862, devenu patron, il a étudié pratiquement la question.

La participation aux bénéfices est absolument favorable aux intérêts du patron et à ceux des ouvriers. Mais il faut que chaque cas, comme l'a exposé M. E.-O. Lami, soit étudié spécialement. Il y a cinquante ans que l'orateur la pratique. Il en a fait trois expériences, trois exemples : un premier dans l'industrie du bâtiment ; un deuxième dans une usine à gaz dont il est propriétaire ; et un troisième dans la viticulture. Les trois ont parfaitement réussi et sont encore en pleine prospérité; mais les trois applications sont différentes les unes des autres : l'une est avec contrôle des comptes ; l'autre sans contrôle des comptes : l'autre enfin repose sur un quantum déterminé. Il y a en effet une étude à faire suivant le cas.

La Société d'Études pratiques pour la Participation aux bénéfices met à la disposition des Ingénieurs civils d'abord sa bibliothèque, qui a des documents très complets; puis l'expérience des membres du Conseil. Si l'un des Membres des Ingénieurs civils voulait étudier la participation aux bénéfices, la Société sus-nommée, serait heureuse de déléguer un de ses membres pour lui faciliter la tâche, et l'aider de ses conseils et de son expérience.

Elle a aussi une bibliothèque et un bulletin qu'elle offre à la Société des Ingénieurs civils.

Tout ce résume en ceci : chaque application de participation aux bénéfices réclame une étude spéciale. Depuis cinquante ans qu'il l'étudie, l'orateur n'a jamais trouvé un exemple qu'on puisse appliquer à un autre. Il faut une étude spéciale pour chaque industrie, par rapport aux participants. Voilà le secret de la participation aux bénéfices.

Quant à ses résultats, M. E.-O. Lami les a très bien exposés; ils sont réels, et des plus importants. Sans doute, il y aura encore des ouvriers qui s'enivreront. On ne guérit pas facilement les mauvaises passions. Enfin, cette institution n'est pas un acte de philanthropie; l'orateur n'a jamais voulu être appelé philanthrope et il demande qu'on ne lui applique pas cette épithète. Il se considère comme un organisateur du travail, pour qu'il produise beaucoup et économiquement, et que chacun en ait une part.

M. le Président demande si quelqu'un désire prendre la parole car cette question est très intéressante et très importante.

M. H. Casevitz désire répondre quelques mots à M. Lami, avec lequel il peut se trouver d'accord sur l'amélioration que pourrait apporter la *participation aux bénéfices* aux ouvriers, mais non sur la situation qui résulte actuellement pour eux du sort qui leur est fait.

Il est très vrai que les salaires ont été plutôt en augmentant depuis une centaine d'années, et que le prix de certaines denrées, comme le pain, a diminué; mais, en général, les besoins et les dépenses obligatoires de l'individu ont augmenté dans de plus fortes proportions que ne l'a fait le salaire.

Ces augmentations de dépenses sont dues à des causes multiples, dont une partie découle directement de l'augmentation formidable des loyers. Il faut y ajouter toutes les améliorations apportées par la science aux conditions de l'existence, qui ont créé des quantités de besoins nouveaux, au nombre desquels il faut compter l'augmentation des moyens de transport, les dépenses de gaz pour l'éclairage et le chauffage; le relèvement intellectuel qui a amené des dépenses de journaux et de livres; sans oublier que la création de grands ateliers a conduit le plus souvent l'ouvrier à chercher de l'ouvrage loin de chez lui, et par suite à absorber, par l'augmentation du coût des repas pris au dehors, la très maigre augmentation de salaire qu'il a obtenue peu à peu.

En outre un fait bien spécial s'est produit. L'ouvrier de métier n'existe presque plus; la division du travail a de plus en plus permis de remplacer l'apprentissage ancien de deux ou trois ans, par des apprentissages très rapides et souvent immédiats, en sorte que la grande majorité de la classe ouvrière se trouve composée maintenant de simples manœuvres, qu'on peut remplacer, et que de fait on remplace du jour au lendemain. La loi de l'offre et la demande, qui donne d'excellents résultats pour le patron, ne donne plus que des résultats de misère pour l'ouvrier; car le nombre de *demandes* augmente en effet dans de telles proportions que l'*offre* peut librement faire son choix et poser ses conditions, tant en ce qui concerne le travail lui-même qu'en ce qui concerne les salaires sans être limitée par aucune contre-partie.

On ne doit, jamais rien ériger en axiome, surtout sur des questions aussi complexes qui demandent à être examinées à fond, et qui commencent seulement aujourd'hui à être un peu connues, grâce aux statistiques qui ont permis d'établir le petit nombre de lois ouvrières existantes.

M. H. Casevitz croit qu'il faut aller au fond du problème, se rappro-

cher de l'ouvrier et étudier avec lui les conditions de son existence ; non pas en patron et en le traitant en brute, mais en camarade. Il est très possible de concilier la discipline dans l'usine avec cette camaraderie au dehors. Il a eu lui-même l'occasion de créér dans les environs de Paris, dans une localité où il dirigeait une usine assez importante, une *Université populaire*, où il se retrouvait avec un certain nombre de ses ouvriers, et jamais il n'a constaté que son autorité à l'usine ait souffert le moins du monde de cette intimité au dehors, même dans les cas graves où il lui arrivait d'avoir à prononcer un renvoi. Bien entendu il se gardait soigneusement d'ouvrir la bouche à l'*Université populaire* de questions concernant l'*usine* et inversement.

Si on pénètre suffisamment dans ces milieux ouvriers, on verra facilement que tout n'est pas pour le mieux pour des hommes dont, *selon les termes mêmes de M. Lami*, « le salaire peut bien assurer l'existence matérielle, mais ne permet pas de prélever même une légère prime d'assurance pour le chômage et la vieillesse ».

M. Casevitz est persuadé que chacun de ses collègues a dans ses souvenirs le cas de plusieurs ouvriers cherchant de l'ouvrage pendant des semaines et des mois, sans en trouver, et il est facile de s'imaginer ce qu'ils deviennent, eux et les leurs, pendant ces longs chômages, qui, pour les meilleurs peuvent se déclarer subitement pour des causes les plus variées, diminution des recettes de l'industrie, maladie, affaires de famille, ou même causes plus futiles.

Ce qu'il reprocherait le plus à la participation telle que la comprend M. Lami, c'est qu'elle résulte uniquement de la volonté du patron qui reste toujours libre de l'accorder ou de la refuser, qui est en outre libre de se séparer de son personnel ou d'une partie de ce personnel avant toute répartition : quelle confiance peut-il en résulter pour le salarié ?

Il pense cependant, avec M. Goffinon, qu'il y a lieu d'étudier de très près la question dans toutes les industries et d'examiner dans chaque cas particulier comment la participation pourrait être organisée ; mais cela, non seulement dans un but immédiat d'application à une industrie particulière, mais surtout en vue de déterminer au plus tôt *les conditions générales de la participation* qui permettraient de l'appliquer obligatoirement à toutes les industries, pour sauvegarder d'une façon régulière les droits des travailleurs manuels.

M. H. Couriot, tout en rendant hommage aux sentiments de générosité qui ont inspiré les chefs d'industrie parmi lesquels on rencontre des applications de la participation aux bénéfices, est d'avis que le mode actuel de rémunération du travail, le payement à la tâche, est infiniment plus rationnel que le système de participation préconisé, car ce dernier intéresse l'ouvrier aux résultats généraux de l'industrie qui l'emploie, alors qu'il est absolument étranger à une partie importante de ces profits.

Les bénéfices d'un établissement industriel se composent, en effet, de deux éléments : ils comprennent, d'une part, des bénéfices purement commerciaux et, de l'autre, des profits résultant de l'habileté profes-

sionnelle des ouvriers; les premiers sont exclusivement dus à l'intelligence et à l'expérience du chef d'industrie qui aura eu le mérite d'acheter à bon marché ses matières premières et de savoir écouler, dans des conditions avantageuses, ses produits fabriqués.

Y a-t-il lieu d'intéresser l'ouvrier à ces bénéfices qui ne lui sont nullement imputables? On ne voit pas de raison de le faire. Mettons en parallèle deux chefs d'industrie concurrents: l'un a, suivant l'expression admise, la bosse du commerce: il gagne beaucoup d'argent, ses ouvriers seront des privilégiés, leur participation sera considérable; l'autre industriel n'a pas les mêmes qualités commerciales, son bénéfice est nul et ses ouvriers ne toucheront aucune part de bénéfice, puisqu'il n'y a aucun partage possible de profits qui n'existent pas; ainsi donc, bien que la collaboration ouvrière ait été tout aussi louable, dans un cas que dans l'autre, il y aura un accroissement de rémunération considérable au profit des ouvriers du premier patron et aucun encouragement accordé aux ouvriers du second. Est-ce logique, est-ce même équitable? Personne n'oserait le dire.

Au contraire, la seconde partie des bénéfices est fonction de la dextérité manuelle, du goût et de l'habileté spéciale de l'ouvrier; il dépendra de celui-ci de la faire varier, et elle occasionnera pour l'entreprise, selon la valeur du travail produit, un bénéfice supplémentaire ou une perte; il est donc tout naturel de faire de l'ouvrier, pour cette partie de bénéfice réalisable qui lui est entièrement due, un véritable associé de son patron.

C'est précisément là le but du payement à la tâche, dont le rôle est de rémunérer les deux facteurs du bénéfice individuel créé par l'ouvrier: la quantité et la qualité. En un mot, produire beaucoup et produire bien, telles sont les deux conditions à remplir pour permettre à une entreprise d'augmenter le salaire de l'ouvrier chargé d'un travail quelconque, et l'augmentation de salaire correspondante accroitra le bénéfice de l'ouvrier en même temps que celui de l'entreprise. Or, dans la combinaison du payement à la tâche et du système de primes pour bonne fabrication, l'ouvrier trouve le double stimulant nécessaire qui l'oblige à fournir, à la fois, un produit à bon marché et satisfaisant, car il est intéressé à aller vite, sans sacrifier la qualité.

Ce mode de rémunération, si répandu et si équitable, intéresse donc l'ouvrier aux bénéfices qui sont exclusivement dus à sa coopération, mais il n'est avantageux, pour ce motif, que pour les bons ouvriers et c'est même pour cette raison que les autres demandent un minimum de salaire, sans fixation de minimum de tâche, et qu'ils ne se soucient nullement des primes de qualité. La tendance ouvrière actuelle dans nombre d'industries, et notamment dans les mines, est même de restreindre la production individuelle de l'ouvrier en la limitant à un chiffre maximum imposé par les syndicats.

M. Couriot appelle enfin les réponses des représentants de la Société d'études pratiques pour la Participation aux bénéfices sur les autres critiques suivantes: en cas de diminution des bénéfices, ou de pertes succédant à une ère de prospérité, le chef d'industrie sera conduit à faire connaitre à tout son personnel la situation, critique peut-être, de son entreprise; cette divulgation pourra avoir la plus fâcheuse répercus-

sion sur le crédit de l'affaire; qui sait même si elle n'aura pas pour conséquence d'aller jusqu'à tarir le crédit de l'entreprise, source des bénéfices passés et des chances de relèvement de l'affaire dans l'avenir?

Quel sera enfin le quantum des bénéfices qu'il faudra répartir entre les ouvriers? sera-ce cinq, dix, vingt, cinquante, ou cent pour cent? Quelle place ouverte à l'arbitraire? N'y a-t-il pas à prévoir, que mis en appétit, l'ouvrier réclamera une participation croissante et que le législateur n'en viendra à rendre cette participation obligatoire? Ne l'avons nous pas vu, déjà, transformer en charges obligatoires les avantages consentis spontanément, par certains industriels, en faveur de leur personnel ouvrier? On ne doit pas perdre de vue, en un mot, que le capital n'est que du travail accumulé, qu'il n'est que les salaires de la veille mis en réserve, et qu'il a droit, à juste titre, à sa rémunération intégrale, tout comme la main-d'œuvre de l'heure présente. Quant à cette dernière, elle trouve, dans le payement à la tâche et dans les diverses primes accordées à l'ouvrier, le mode le plus rationnel de participation de celui-ci aux bénéfices que son concours fait naître.

M. E.-O. Lami fait observer que la participation n'est pas une panacée et n'a pas cette prétention-là. Elle n'est possible qu'après une étude. Il est évident qu'il ne faut pas se lancer dans l'application de ce système, si l'affaire ne présente pas une certitude de bénéfices, autant qu'on peut être certain des choses humaines. Que ce soit sous forme de prime ou de travail à la tâche, si certaines circonstances font péricliter l'affaire, le système établi disparaitra. Il y a des entreprises qui ne peuvent jamais entrer dans la voie de la participation; il est inutile d'en faire l'essai. Mais, dans les entreprises où la main-d'œuvre joue un rôle plus considérable que l'outillage, c'est toujours possible. Les uns appliquent le travail à la tâche, d'autres la participation, avec ou sans travail à tâche; mais il est évident que, là où l'on peut appliquer la participation aux bénéfices, on doit arriver au résultat indiqué plus haut.

Pendant un certain nombre d'années, par exemple, on a donné aux ouvriers une part de bénéfices; l'année est mauvaise, on ne peut plus en donner; mais, et c'est précisément là le caractère moral de la participation, l'ouvrier a été habitué à comprendre autre chose que ce qu'il comprend quand il reçoit simplement son salaire: il trouve le bon et le mauvais côté. La participation fortifie l'ouvrier et lui donne un caractère moral qu'il n'a pas dans les autres affaires.

En réalité il faut bien en étudier le mécanisme; ce n'est pas comme un vêtement, qu'on peut appliquer en l'arrangeant un peu. Il faut étudier tous les cas spéciaux.

M. Balas est heureux de la discussion à laquelle vient de donner lieu l'examen de la question de la participation aux bénéfices, car c'est de pareilles discussions qu'on peut attendre le progrès; mais une question aussi grave que celle de l'organisation du travail ne peut être résolue en quelques minutes, et de nouvelles communications seraient utiles et profitables.

Il dit qu'il pratique la participation aux bénéfices depuis de longues années, à son entière satisfaction, et avec la conviction que là où elle

peut être appliquée. la participation aux bénéfices constitue un des moyens les plus puissants pour arriver à réaliser cet accord si désirable entre le capital et le travail.

Une des plus grandes préoccupations du travailleur est de s'assurer une retraite pour ses vieux jours; pourra-t-il y arriver avec son seul salaire? Non, le salaire suffit à peine à assurer l'existence de tous les jours; il y a donc lieu de prévoir, au delà de cette rémunération fixe, un mode de répartition plus équitable, et qui donnera satisfaction à tous les intérêts.

La participation aux bénéfices sera un moyen d'arriver à ce résultat, et *elle le réalise sans diminuer en rien l'autorité patronale, qui, dans tous les cas, doit rester indiscutable.*

Les questions d'économie sociale se rapportant aux institutions patronales et ouvrières font aujourd'hui partie du domaine de l'Ingénieur. Leur étude, et, par suite, celle de la participation aux bénéfices, doit mériter toute son attention.

M. le Président remercie toutes les personnes qui ont bien voulu prendre part à la discussion.

Il est donné lecture, en première présentation, de nouvelles demandes d'admission de MM. L.-W. Bates, V. Blanc, A. Bourdès, A. Brillouin, L.-E. Chauvière, J. Dalard, A. Dubois, R. Fould, J. de Hulster, G.-E.-L. Lefèvre, L. Legendre, P. L'huillier, A. de Richard, J. Rutishauser. G. Thomas, comme Membres Sociétaires, et de :

MM. E. Archdeacon, P. Leroy, M. Magnier, comme Membres Associés.

MM. L. Andréoni, M.-C.-A. Armengaud, E.-H.-Ch. Charquillon, H.-P. Félix, J.-J. Holzschuch, R. Huberson, G.-A. Omnès, P.-D. Sordoillet, sont reçus Membres Sociétaires :

Et MM. L. Baudry de Saunier et G.-M. Corlin, Membres Associés.

La séance est levée à 11 heures un quart.

Le Secrétaire,
Marcel Delmas.

SAUVETAGES ET RENFLOUAGES

DES

NAVIRES NAUFRAGÉS

PAR

M. M. DIBOS

I

BATEAUX DE RIVIÈRE

La forme qu'affectent le plus souvent les coques des bateaux en service, dans la navigation intérieure, est la forme carrée, c'est-à-dire les bordages perpendiculairement élevés à angles droits sur le fond plat. Tels sont les péniches (300 *tx*), les toues de Saint-Dizier (150 à 200 *tx*), les montluçons (150 *tx*), les marnois (400 *tx*), les flûtes (100 à 150 *tx*), les chalands (600 *tx*), les berrichons (60 à 80 *tx*), etc. L'avant et l'arrière de ces divers types dévient peu de la verticale, sauf les marnois dont le nez rappelle celui des embarcations dénommées bachots.

Dans presque tous les canaux et rivières navigables de notre pays, on admet au mètre 80 *cm* l'enfoncement des bateaux chargés. Dès l'instant où l'Administration donne la libre pratique d'un cours d'eau quelconque aux bateaux calant 1,80 *m*, on est porté à déduire de cette autorisation qu'il existe une profondeur d'eau suffisante, permettant à ces bateaux d'avoir encore assez d'eau sous leur fonçure pour évoluer sans craintes de toucher. Il n'en est malheureusement pas ainsi dans la pratique, et la plupart des sinistres, très nombreux dans certaines régions, proviennent des rabais intempestifs naturels et accidentels qui surviennent sans que les mariniers en soient prévenus à temps, ou même que le service compétent ait pris assez rapidement la précaution d'en aviser les intéressés. De ce fait il résulte que, si l'on prend une péniche naviguant à 1,80 *m* d'enfoncement sur un cours d'eau annoncé comme ayant 2,10 *m* à 2,20 *m* de profondeur et qu'à la suite d'éclusées ou de pertes d'eau dans l'alimentation, un rabais de 20 à 30 *cm* et moins se produise, il suffira d'une pierre au

fond pour que la fonçure du bateau passant vienne se déchirer sur ce petit écueil, toujours le même, ainsi que nous l'avons constaté maintes fois.

Il arrive que le premier bateau passant frotte sur la pierre qui roule ; si le plafond du canal est mou, ou si la vase de la rivière est épaisse, cette pierre peut s'incruster dans la boue du fond sans qu'il en résulte autre chose qu'une secousse dans le corps du bateau. Il arrive également que, au passage, le premier bateau roulant cette pierre la laisse redressée. Malheur au deuxième marinier que son mauvais destin oblige à suivre la voie funeste : la fonçure ou l'encouturement du bordage du deuxième bateau arrivant entrent en contact avec le moellon et se déchirent ; les râbles et les courbes se brisent et la catastrophe s'accomplit. Souvent même nous avons retrouvé, encastrée dans les planches disjointes, la pierre, cause palpable du sinistre.

Ce qui précède nous montre le cas le plus général des naufrages fluviaux.

Il existe aussi des possibilités de sinistres par suite d'écliage, c'est-à-dire de disjonction partielle des planches formant bordages des bateaux demeurés longtemps vides, et exposés à l'air et au soleil. Si un accident survient dans ces conditions, il est certain qu'il y a négligence du marinier, qui n'aurait pas dû charger sa cargaison sans préalablement avoir enfoncé dans les joints des bordés soit de la sciure de bois, soit de la poudre de foin sec, ou du suif, et avoir mouillé à l'écope, et du dehors, les bordages ayant travaillé.

En cas d'écliage, on ne doit, après avoir pris les mesures d'obturation indiquées, ne charger que très lentement le bateau afin que l'humidité imprègne bien le bordé s'enfonçant progressivement dans l'eau, tandis que la coque commence à caler. On évitera ainsi de ne plus pouvoir faire franchir par les pompes du bord l'eau qui pénétrerait encore malgré cela.

Des avaries peuvent également se produire par suite d'abordages de bateau à bateau, ou contre des ouvrages d'art : barrages, bajoyers, écluses, digues, quais, perrés, estacades, piles de pont, établissements en rivière, etc. Ce sont les cas particuliers.

Si nous supposons que, pour une des causes quelconques énumérées, une voie d'eau vienne à se déclarer à bord, le procédé le plus rapide, et à préconiser, est de chercher à passer sous la

fonçure, ou contre le bordage, au droit de la partie blessée, une voile ou une bache, et à tendre cette toile de façon que la pression d'eau extérieure force le tissu à adhérer énergiquement sur la paroi avariée. Pour maintenir le bateau le mieux possible à flot, au cours de cette opération, il convient de faire appel immédiat : aux mariniers voisins munis de leurs pompes à main, aux pompiers des communes, aux cultivateurs ou industriels possesseurs d'engins d'épuisement, etc. Si le chargement le permet, on dégage la partie blessée afin que, la toile étant tendue, les pompes fonctionnant, on puisse, de l'intérieur du grenier du bateau, reconnaître la fissure et procéder à son obturation provisoire, au moyen d'un cataplasme de mousse ou d'étoupes, maintenu par des planches qui, elles-mêmes, sont fixées au moyen d'arcs-boutants ou d'épontilles, formés de pièces de bois quelconques prises dans la réserve du bord ou débités dans des bâtons de marine du bateau. Si l'on possède du ciment ou si l'on peut s'en procurer vivement, on forme, à l'aide de planches placées verticalement, un cadre rectangulaire dans lequel on circonscrit la plaie, et l'eau étant épuisée ou à peu près dans le bateau, on coule dans le cadre une épaisseur de 20 *cm* de ciment à prise rapide et qu'on maintient avec un placard. Il va de soi que, pendant la recherche et l'obturation de la blessure du bateau, les procédés d'épuisement n'ont pas été interrompus. Si l'on peut alléger en même temps le bateau en péril, il y a intérêt à utiliser cette chance de salut. On évitera de réunir sur la coque en danger un nombre inutile de manœuvres dont le poids vient bien malencontreusement s'ajouter à celui de l'eau embarquée et augmenter encore la surcharge. Pour cette raison, il y a intérêt à faire pomper de terre, ou à bord d'un autre bateau ou de bachots, si on en a la facilité, en envoyant les tuyaux d'aspiration à bord du bateau sinistré.

Avec les chargements de sable et de charbon, il faut prendre les précautions les plus minutieuses pour éviter que les crépines des tuyaux d'aspiration des pompes ne viennent à engager. On fera donc bien de placer ces crépines dans des paniers d'osier ou de les entourer de toile métallique.

Le sucre offre également de graves inconvénients pour les pompes, en ce sens qu'il se transforme, à la mouillure, en mélasse qui, si elle reste trop dense, finit par immobiliser les engins d'épuisement. Pour remédier à cet état de choses préjudiciables, on placera un homme armé d'un bâton ou d'une écope, près du

puisard où gît dans le bâteau le panier renfermant la crépine d'aspiration, et on recommandera d'agiter le plus possible l'eau ambiante pour diluer la mélasse dans le liquide.

Les pompes à main qu'on trouve le plus communément répandues sur les bateaux de rivière pour l'assèchement quotidien des cales sont en zinc, quelquefois en cuivre et à simple effet. Elles mesurent 2,10 *m* de hauteur jusqu'au déversoir, et le piston en bois a environ 6 *cm* de diamètre supérieur et 4 *cm* de diamètre inférieur, avec soupape en cuir; ces engins sont actionnés par un homme seul et débitent, d'après nos propres expériences, en six coups de piston et en six secondes, 10 *l*, soit 6 m^3 à l'heure. Il est évident qu'il y a là matière à recherches à perfectionnement; mais, telles qu'elles sont et en nombre suffisant, ces modestes pompes peuvent encore rendre de grands services dans un « coup d'eau ».

Pour les épuisements de certain volume, les pompes aspirantes et foulantes Letestu sont à préconiser en raison de leur rusticité. Le piston de ces pompes offre cette particularité que les faces, au lieu d'être terminées par des surfaces planes, sont formées avec une grille concave en fonte percée d'un grand nombre de trous. La garniture en cuir qui recouvre le piston forme clapet.

Pour le calcul du rendement des pompes à piston, les données suivantes peuvent être employées :

Q, la quantité d'eau à élever en mètres cubes par minute ;

D, le diamètre du piston de la pompe en mètres ;

F, la section du piston de la pompe en mètres carrés ;

s, la longueur de course du piston de la pompe en mètres ;

n, le nombre de tours ou de doubles courses par minute ;

v, la vitesse du piston par minute ;

ρ, le rapport entre la quantité d'eau réellement montée et la valeur théorique de cette même quantité.

On a donc, pour une pompe à simple effet :

$$Q = F\, s\, i\, n\, \rho = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{v}{2} \cdot \rho \, ; \quad D = \frac{\sqrt{8Q}}{\pi v \rho},$$

et, pour une pompe à double effet :

$$Q = 2F\, s\, i\, n\, \rho = \frac{\pi D^2}{4} v . \rho ; \quad D = \frac{\sqrt{4Q}}{\pi v \rho}.$$

Le rendement en volume s'élève en moyenne à :

Pour une pompe de confection très soignée . . . $\rho = 0{,}90$
Pour une pompe bien faite . . . . $\rho = 0{,}85$
Pour une pompe ordinairement construite . . . . $\rho = 0{,}80$

Exemple : Soit $J = Fs$ le volume du corps de pompe et $\rho = 0{,}80$, on a, pour une pompe à simple effet :

$$J = 1{,}25\,\frac{Q}{n},$$

et, pour une pompe à double effet :

$$J = 1{,}25\,\frac{Q}{2n}.$$

Mais l'engin d'épuisement le meilleur est sans contredit la pompe rotative à forme centrifuge, inventée par Appold, et exploitée notamment en France par MM. Dumont.

On sait que les pompes centrifuges isolées ordinaires sont tout spécialement employées à élever de grandes quantités d'eau à de faibles hauteurs. On peut admettre que leur effet utile est de 60 0/0, à la condition toutefois, et ainsi que nous nous en sommes rendu pratiquement compte, que la hauteur d'aspiration ne dépasse pas 6 *m* ; pour des hauteurs dépassant ce chiffre, l'effet utile diminue beaucoup.

La vitesse à la circonférence la plus avantageuse est $\frac{3}{2}\sqrt{2gH}$, $H =$ la hauteur totale d'ascension en mètres, $g = 9{,}81$ *m*.

La dépense de force en chevaux est :

$$N = \varphi\,\frac{QH}{75 \times 60} = 1\,000,$$

$$\varphi = 1{,}4 \text{ à } 2.$$

Il est admis que, dès l'instant où le maniement d'une pompe à bras exige plus de sept à huit hommes pour la manœuvre, il y a économie à recourir à l'emploi de la vapeur, surtout si les épuisements doivent avoir quelque durée, et à utiliser les pompes centrifuges.

Dans certains canaux et rivières où l'étiage ne dépasse guère 2,15 *m* environ, si, par exemple, une péniche vient à couler bas, il arrive que le niveau d'eau ne déborde que peu les bortingles,

à hauteur de la cabine, vers le milieu du bateau, au point le plus abaissé de la tonture. Pour procéder à la remise à flot, sans pouvoir compter sur un rabais du plan d'eau, on passe la toile sur la blessure, ainsi qu'il vient d'être précédemment expliqué. On bouche la fissure le mieux possible provisoirement. Puis, au moyen de voliges maintenues dans le haut par des traverses et clouées jointives perpendiculairement contre le bordage, on augmente artificiellement la hauteur des bortingles submergées jusqu'à l'endroit où celles-ci ne sont plus recouvertes par l'eau. Dans les interstices des voliges, on enfonce de la mousse et on recouvre enfin ces planches avec des toiles tendues extérieurement. On allège si la nature du chargement le permet. On donne ensuite le « coup d'eau », c'est-à-dire qu'on fait épuiser le plus vite possible le liquide embarqué. Grâce à la surélévation artificielle des bordages par les voliges, on a isolé l'intérieur du bateau sombré de l'eau extérieure.

Dans certains cas on peutre lever un bateau en lui exhaussant tous ses bordages couverts par l'eau au moyen de ce système de voliges, mais en entourant alors complètement cette fois la coque submergée. Ce procédé prend alors le nom de « crinoline », ou « chemise ».

Cette application du procédé de la « chemise » est également usitée pour les navires et nous verrons plus loin que nous l'avons employé tout récemment en Seine Maritime et avec succès, pour le renflouage du paquebot « *Félix Faure* ».

Pour « le coup d'eau », on ne doit se servir que d'engins vérifiés, travaillant ensemble. Avant de commencer cette très importante opération, il faut s'assurer que la voie d'eau est suffisament obturée, ou que le débit des appareils d'épuisement permet de gagner sur l'intrusion encore possible du liquide, sans cela ce serait vouloir pomper la rivière ou le canal ! Le croirait-on? cette précaution indispensable de constat préalable n'est pas toujours prise par les entrepreneurs de renflouement, qui tentent quelquefois le « coup d'eau » à l'aveuglette ou au petit bonheur.

Dans les rivières, fleuves et bassins à flot, si la profondeur d'eau recouvrant l'épave dépasse 2 *m*, et que l'on soit en présence d'une opération délicate résultant soit du profil du lit du cours d'eau, soit de la détérioration absolue du bateau, suivant la nature du chargement on le drague au moyen de troublettes (sortes de grandes épuisettes manœuvrées par de petits treuils établis sur des trinquets, ou bien on l'élingue à l'aide d'une

petite grue installée sur ponton. Ces travaux nécéssitent souvent le concours d'un scaphandrier. Dès que la coque est vide, on emploie la méthode des treuils pour le retirement. A cet effet, on se procure deux bateaux vides et d'une longueur égale à la coque à fond. On installe sur ces bateaux allèges des plates-formes supportant des treuils horizontaux placés parallèlement à l'axe du bateau qui les supporte, et contre un bord. On actionne ces treuils au moyen de grandes barres, dont on maintient l'extrémité qui n'est pas engagée dans les mortaises avec des cordages amarrés sur le bord d'hors de l'allège, et au travers d'elle. Chaque tête de treuil peut être armée de cliquets. On amène parallèlement, à l'épave en fond, chacune des allèges, en ayant soin que les bords où sont installés les treuils soient placés intérieurement et à l'aplomb des bordages respectifs de la coque en fond. Au moyen d'ancres mouillées convenablement et d'un dispositif de cadre formé de sapines dit trinquet, on maintient les deux allèges écartées l'une de l'autre, d'une distance égale à la largeur du bateau coulé. Sous ce dernier, et suivant sa longueur et son poids, on passe quatre, cinq, sept ou neuf chaines à robustes maillons dont on calcule l'effort d'après les règles connues. On enroule les extrémités libres des chaines sur chacun des treuils distincts accorés aux plate-formes des allèges. On fait force peu à peu, et d'un tour à chaque treuil, jusqu'à ce qu'on amène l'épave à la surface de l'eau. Quatre hommes suffisent au virage successif des treuils. Au lieu de treuils on peut se servir de vérins, fortes vis d'archimède placées verticalement sur une plate-forme robuste supportée soit par les deux allèges, soit par une batterie de pilotis, à l'aplomb de l'épave. Ces vérins servent notamment au retirement des chargements de pierres de taille.

Les vis des vérins sont terminées inférieurement par un crochet sur lequel on capèle le bout de la chaine.

Ces vis tournent dans une chape-écrou munie de mortaises pour y engager des barres d'anspects. La chape pivote sur une noix d'acier ou de teck reposant sur la plate-forme précipitée. On a un spécimen de montage de ce système au chantier de la Compagnie des Bateaux-Parisiens en aval du Pont-Viaduc du Point-du-Jour.

(Cette Compagnie se sert de ce système pour déjauger, éventer, et sortir d'eau ses bateaux portés sur quatre ou cinq chaines de suspentes reliées aux vérins disposés à leur aplomb sur la plate-forme fixe à pilotis.

Les bateaux viennent se placer sur les chaînes préalablement mollies, qu'on raidit ensuite avec les précautions d'usage.)

On arrive généralement à passer les chaînes sous la coque en fond, sans qu'il soit besoin de faire descendre un scaphandrier. Il suffit de présenter, à l'avant de préférence, le mou de la chaîne dont les bouts sont retenus à bord des deux allèges et de l'engager sous l'épave par une double traction diagonale simultanée, opérée par les manœuvres. On peut frapper un palan sur les bouts de la chaîne pour avoir plus de force. Six hommes suffisent à cette opération totale, même sur un cours d'eau à courant rapide. On passe de cette façon, et successivement, le nombre de chaînes indiquées suivant le tonnage du bateau à renflouer.

Pour le cas où on rencontrerait des difficultés pour le passage de ces chaînes, on se sert d'une longue tige de fer dite, aiguille ayant 7 à 8 *m* de long et 2 *cm* de diamètre, emmanchée après une perche de 4*m* et de 10 *cm* de diamètre.

Le bout libre de la tige métallique se termine par une sorte de fer de lance plat muni, sur la tranche, d'un œillet. Dans cet œillet, on capèle provisoirement une ligne solide. On conçoit qu'une fois que l'aiguille a dépassé la fonçure du bateau, ou la carène. il est aisé soit au scaphandrier, soit avec un croc, d'amener la ligne et d'y attacher le bout de la chaîne à guider.

Cette méthode des allèges a une importance capitale dans nos travaux généraux de renflouages, car c'est à elle que l'on a le plus souvent recours aussi bien pour les bateaux et chalands que pour les navires. Nous y reviendrons plus loin en ce qui a trait aux opérations maritimes.

Signalons aussi la méthode des caissons à air. Ce sont des caissons étanches, en tôle de 5 *mm* d'épaisseur, de 6,50*m* de long, 1,50*m* de haut et 1,20 *m* de large, qui représentent environ 12 *mc* (11,700*m* exactement). Chacun de ces caissons est muni d'un tube destiné à être raccordé avec la pompe d'épuisement, et d'un tube souple débouchant à la surface de l'eau où il est maintenu par un flotteur. Ce second tube est disposé pour la rentrée d'air. Après avoir fait passer une chaîne sous la fonçure, on amarre les deux bouts de la chaîne à deux caissons élongés de chaque bord et que l'on coule à fond en les remplissant d'eau. On procède de même pour toutes les chaînes de levage. Quand tous les couples de caissons ont été ainsi répartis sur la longueur du bateau en fond, on installe une double pompe aspirante dans un canot ou sur un radeau que l'on mouille au-dessus de l'épave.

Par les tuyaux d'aspiration, on épuise à la fois le contenu liquide de chacun des couples de caissons; la rentrée d'air s'opère par l'orifice du tube souple flottant sur l'eau.

Le cube d'eau déplacé par chaque caisson représente 11 700 *kg*, d'où il faut déduire environ 1 600 *kg* pour le poids métallique du récipient, soit net 10 100 *kg*. On peut donc admettre que 10 de ces caissons coulés pleins et ensuite épuisés représenteraient un effort de soulèvement de 100 *t* environ. Si l'on prend pour exemple de sauvetage une péniche de 300 *t* chargée de charbon, sachant que 1 000 *kg* de charbon submergé ne pèsent plus qu'environ 270 *kg*, ce qui donnera pour la cargaison en fond 81 *t* environ, il sera donc possible de soulever la péniche et son chargement avec l'effort de levage précité. Cette méthode nécessite une grande précision de manutention et un épuisement égal dans chaque caisson et pour tous les couples, sous peine de voir certaines parties avariées de la coque céder à l'effort du levage, s'il est inégalement exercé. Il n'y a lieu de préconiser ce procédé que pour de minimes profondeurs, et dans des eaux calmes.

Certaines natures de cargaisons constituent des difficultés capitales qui s'opposent au renflouement des bateaux, tels sont notamment le platre en vrac et la chaux. Le premier produit, dès qu'il entre en contact avec le liquide, se solidifie en un bloc immense, dont la dilatation fait disloquer les membrures du bateau généralement perdu et que l'on retire par débris. Pour débarrasser le lit du fleuve ou de la rivière, ou le plafond du canal, de ce barrage d'un nouveau genre composé de sulfate de de chaux hydraté, il faut avoir recours aux explosifs tels que la dynamite ou la poudre Favier en cartouches de 100 *g*, amorcées avec la capsule de fulminate de mercure. Pour le mode de mise de feu, on se sert de la fusée lente ou cordeau Bickford, dont la vitesse de combustion est de 1 *m* en 90 secondes. On sait que le cordeau Bickford est étanche et brûle parfaitement sous l'eau où il vient d'être plongé ; on peut aussi utiliser les amorces électriques au fulminate, et une pile (zinc-charbon) du type des parcs du génie militaire, ou un exploseur à coup de poing. Un scaphandrier muni d'une tarière, à pas de diamètre plus grand que celui des cartouches renfermant l'explosif, fore des trous dans la masse de plâtre aux distances qui lui ont été indiquées par le directeur du travail. On place les cartouches amorcées dans les cavités obtenues et on met le feu par groupes simultanés ou

successifs. L'eau forme excellent bourrage en raison de son incompressibilité. A défaut de poudres brisantes, on peut employer la poudre noire que l'on renferme dans des bouteilles cylindriques en zinc de 750 à 1 000 *g*, auxquels on donne le feu avec le cordeau Bickford, soigneusemeet réuni par une garniture en gutta au col du récipient. Il n'est pas besoin, dans ce cas, de se servir de capsules de fulminate.

Il peut survenir qu'un bateau sombré soit tombé ou entraîné, en travers du chenal navigable, d'une arche marinière, d'une porte d'écluse, etc.

Avant de procéder aux tentatives de renflouement proprement dites, il peut devenir urgent de dégager immédiatement la passe encombrée, afin de permettre sans retard la reprise de la navigation. On essaiera donc de riper la coque en fond, de manière à l'élonger parallèlement à la rive la moins passagère. Dans cette opération sous-aquatique on, se trouvera probablement bien du principe d'Archimède, qui sera un coefficient d'aide et de succès par cela même que le liquide fera perdre au bateau submergé un poids égal au volume déplacé. On installera donc à terre, du côté le plus favorable, et où l'eau est moins courante, un nombre calculé de palans de force, bien amarrés à des corps morts enfoncés dans le sol, ou à tous autres points d'appui naturels ou artificiels. On enroulera le garant des palans à retour sur les vindas, des cabestans ou des guindeaux, convenablement disposés. Entre temps, on aura frappé les bouts d'un certain nombre de chaînes, soit sur le nez, soit sur l'arrière du bateau, aux endroits étudiés, où le rapport du courant et la position de la coque présentent le plus de facilités de déplacement et amorcent une direction au bateau dans le sens de la traction à opérer. Les autres bouts libres des chaînes seront crochés aux poulies libres des palans. On embraquera tout le mou des agrès et au commandement on fera force en douceur, mais sans arrêt. Quelques hommes placés à bord de bachots ou de canots, et armés de leviers de longueur suffisante, les passeront sous le bateau contre l'encouturement, du côté opposé à la traction, et aideront ainsi beaucoup à la manœuvre. Si besoin est, un scaphandrier muni d'un cric pourra également rendre de bons services au moment du halage. Dans les amarrages de chaînes aux bateaux coulés et que l'on veut riper, il y a toujours intérêt à faire embrasser la coque d'un tour, car de cette façon on prévient pour les bateaux à fond plat la disjonction d'un bordage au moment de la traction.

II

NAVIRES

En donnant maintenant, dans ce qui suit, un aperçu rapide sur les procédés et méthodes les plus fréquemment employés par le sauvetage et le renflouage des navires, paquebots, vapeurs et voiliers, nous ne nous étendrons pas sur les indications mathématiques de la mécanique du navire, que tous les honorables membres de notre Société connaissent, notamment en ce qui a trait à la stabilité transversale des carènes sous les grandes inclinaisons et au rappel des théories des courbes de centre de carène; des courbes de bras de levier de redressement; des courbes de stabilité statique et dynamique; des angles de nulle stabilité, ou de chavirement.

Les causes les plus fréquentes de sinistres de navires, telles qu'il nous a été donné d'en suivre, depuis 1878, les multiples effets plus ou moins désastreux ayant été l'occasion de nos conseils ou de nos interventions à des titres divers, peuvent se classer ainsi :

1° Abordages entre navires par temps de brouillard;

2° Collisions entre navires aux entrées et sorties de ports et contre des obstacles, ou des ouvrages d'art;

3° Mises à la côte par temps de brume; erreurs de route;

4° Mises au plein en fuyant devant le temps ou par un temps forcé;

5° Chavirement à quai et sur lest;

6° Avaries sur une épave flottante.

Considérant les positions occupées par les bâtiments naufragés, on peut arriver à les classer en quatre catégories :

a) Navires sombrés mais découvrant la blessure et tout ou partie de leurs ponts à la basse mer;

b) Navires dont les ponts ne découvrent pas;

c) Navires mi-submergés et couchés sur un bord;

d) Navires coulés les uns sur les autres, positions rendant les travaux extra-difficiles.

L'outillage dont on dispose en France pour les opérations de sauvetage de navires est malheureusement fort restreint. En

maintes occasions, il nous a fallu presque créer un matériel de circonstances, en nous servant de ressources locales pour mener à bien les opérations, souvent ardues, dont nous avions charge.

Le scaphandre nous a rendu et nous rend de signalés services, et le colossal bras de levier que constitue la marée a été souvent très secourable pour nous. La méthode des allèges ainsi que nous en avons déjà parlé dans la première partie de cet exposé est un puissant auxiliaire de renflouage.

En Danemark, en Angleterre, en Amérique, il existe des Sociétés qui, munies d'un matériel généralement bien compris, exécutent à forfait *no cure no pay* les travaux de sauvetage et de renflouement. Ces Sociétés gagnent beaucoup.

C'est ainsi qu'une Compagnie anglaise possède notamment une série de pontons allèges d'une puissance élévatoire de 150 *t*, 300 et 400 *t* formant ensemble une puissance élévatoire totale de 2 150 *t* tout en conservant un large franc-bord.

Trois de ces allèges de 150 *tx* sont pourvus de puissants treuils à vapeur et ont à l'avant des daviers. Chaque allège est armée d'une pompe centrifuge de 10 pouces (25 *cm*) actionnée par les machines des treuils.

Les allèges de 300 *tx* sont d'une construction spéciale, elles possèdent au centre un puits de 60 pieds de long. Sur les ponts sont fixés solidement des conducteurs et des bittes, pour amener en ligne droite les câbles à huit compresseurs automatiques pouvant retenir un cordage de 8 pouces de circonférence sous une charge de 100 *t*.

On peut lester ces pontons d'un bord, grâce à ce compartimentage water-ballast latéral, indépendant, afin d'équilibrer les pontons, quand les chaînes placées sur le bord opposé font appel sous le poids de l'épave à soulever.

On conçoit qu'avec un matériel semblable on puisse effectuer, avec les plus grandes chances de succès, des manœuvres difficiles. Cet outillage a permis de relever, en dix-sept ans, 114 vapeurs, 66 voiliers et 512 chalands, péniches, barges, etc., pour un tonnage de 124 024 *tx*. Ceci pour une seule Compagnie de sauvetage.

Outre ces genres d'allèges que possèdent aussi les Américains, on utilise en Amérique, ainsi que nous l'avons étudié là-bas, et ainsi qu'il nous a été donné de les voir fonctionner, d'ingénieuses grues flottantes Derriks installées sur pontons, d'une grande stabilité et d'une énergie de 100 *t*.

Les Allemands ont aussi à Kiel un titan flottant enlevant **125** *t*. L'adoption du transporteur Temperley est également parfaite pour les déchargements accélérés et les transbordements.

Dans les sinistres maritimes, les sauvetages des bâtiments sont relativement moins nombreux que dans la navigation intérieure. Cela se conçoit aisément :

On peut admettre en principe que les travaux de remise à flot d'un navire sombré sous 30 *m* d'eau sont des plus difficiles, et souvent irréalisables, si le bâtiment est de grandes dimensions, par cela même que les plongeurs ne peuvent guère dépasser une profondeur moyenne de 35 *m*, soit **4** *atm* **1/2** de pression. Avec des bateaux de faible tonnage, tels qu'un torpilleur de la défense mobile, et ainsi que cela est arrivé il y a peu de temps, on peut encore, après avoir passé, par dragage, des chaînes solidement amarrées à des pontons ordinaires, et suspendu entre deux eaux le bâtiment coulé, le remorquer jusqu'à des hauts-fonds qui découvrent à basse mer. Il va de soi qu'en pareilles circonstances, on ne peut avoir recours qu'à des procédés mécaniques.

Dans tous les cas, à la mer, les travaux de sauvetage doivent être menés avec la plus grande vigueur et la plus grande célérité. Outre qu'il faut compter avec les différences biquotidiennes du plan d'eau, il y a lieu de se préoccuper des changements de temps qui, en un instant, peuvent ruiner les préparatifs commencés, ou annihiler la tentative elle-même prête à réussir.

En cas de levée de la mer, il convient de préserver les travaux en filant de l'huile au vent du bâtiment à renflouer, ou à sauver.

Si la chose est faisable, on se trouvera donc toujours bien de chercher à déplacer entre deux eaux l'épave, et de tenter de la la conduire dans un lieu abrité. Si ce moyen est refusé en raison même de la masse et de la situation du navire sombré, il faudra, avant de commencer le renflouement lui-même, avoir, parfaitement prêts, à pied d'œuvre, tout le matériel et tout le personnel nécessaires. Une fois les travaux entrepris, il ne faut plus les abandonner coûte que coûte, à moins de circonstances météorologiques tellement défavorables qu'il y ait danger constaté pour les hommes.

La plupart des navires ont des cloisons étanches qui rendent de bons services quand on a le soin de fermer les portes qui les

traversent : ce que certains capitaines omettent trop souvent, ou en donnent tout au moins trop tardivement l'ordre. Grâce à ces cloisons étanches, les navires avariés peuvent gagner un port voisin, entrer en cale sèche, ou se mettre sur le gril et se faire réparer par les procédés ordinaires.

Quelques armateurs précautionneux dotent leurs navires en bois, de cloisons étanches, également en bois, qui divisent le bâtiment en plusieurs parties distinctement indépendantes. Mais, comme ce système oblige à remonter sur le pont pour redescendre dans la partie avoisinante, la majorité des constructeurs ne suivent pas cet excellent exemple de sécurité qui leur est donné.

Certains chargements sont quelquefois mal arrimés dans les cales; il en résulte qu'à la suite d'un coup de vent dans lequel le navire aura fatigué, la cargaison ripe d'un bord et déjauge le bâtiment, qui donne alors une bande constante d'un bord, ce qui compromet sa stabilité, partant sa sécurité.

Les coups des roulis peuvent dans certaines conditions météorologiques, être considérables; c'est ainsi que sur un paquebot transatlantique nous avons constaté 27° d'amplitude.

Avec les navires chargés de minerai ou de grain en vrac, ce ripage se présente souvent. Il convient donc de veiller avec le plus grand soin à leur arrimage spécial. On étudie actuellement le procédé du faux-pont intercalé à mi-hauteur des cales, et constituant barrage en chicane. Les chargements de rails doivent être également l'objet des plus grands soins et d'un arrimage détaillé tout particulier que nous étudiâmes et publiâmes dans la *Revue Technique.*

Si, dans un cas grave de ripage de la cargaison, on ne peut toucher au chargement, on doit chercher à rétablir l'équilibre du navire, soit en essayant de transporter sur le bord éventé les objets les plus pesants dont on peut disposer, tels que : drômes, chaloupes, chaînes, ancres, etc., et de dégager la mâture haute qui peut fatiguer. On renforce les haubans du bord surélevé qui supportent en porte-à-faux le poids des mâts; on cherche à gagner le port le plus voisin, car il est certain que, dans des conditions aussi défectueuses de navigabilité, le navire résisterait difficilement à un trouble atmosphérique accentué. Mais cet inconvénient grave du ripage d'un chargement peut être, à un moment donné, employé artificiellement pour permettre à un vaisseau, venant d'être abordé, de mettre hors de l'eau la partie

défoncée de ses œuvres vives, et lui éviter ainsi de couler bas sur place. De même, en transportant soit à l'avant, soit à l'arrière, des poids quelconques, peut-on éventer l'étrave ou l'étambot et éviter ainsi l'intrusion du liquide par les ouvertures accidentellement pratiquées à ces endroits de la carène, au cours de route.

Tel qu'il a été défini pour les bateaux de rivière, l'emploi de la voile pour obturer les voies d'eau est d'usage à la mer. Toutefois on rencontre pour les navires quelques difficultés d'adhérence sur certaines portions des parois des coques, en raison même de leur forme spéciale à la navigation maritime. On promène cette voile de l'avant à l'arrière, à petite distance de la carène. Dès que le tissu est en face de la voie d'eau, la pression du liquide extérieur le fait adhérer aux parois du navire. On fera bien de placer une seconde bâche, toile ou voile, mais on les retiendra toutes deux par l'avant, car, avec un sillage même très modéré, elles glisseraient vers l'arrière, ce qui en annulerait absolument l'effet. Il faut chercher à obtenir l'avantage que la voile suive les façons du navire et que nulle part, pas même près de la quille, il n'y ait de vide entre cette voile et la carène.

Quelquefois la voie d'eau provient de bordages sous l'eau qui, ayant fatigué et travaillant, jettent leur étoupe. S'ils sont peu loin de la flottaison et que l'on puisse les apercevoir, on y cloue des couvertures de laine goudronnée en dehors, bordées d'étoupes en dedans, et par-dessus on clouera encore de la toile goudronnée, du carton cuir, ou un placard de feuillard de cuivre. Si l'on ne peut de l'extérieur atteindre les bordages disjoints, on cherche de l'intérieur à les calfater par des moyens ordinaires.

Il peut arriver, avec les bâtiments, en bois que la dislocation des bordages est telle, le navire est si délié, qu'à chaque mouvement de roulis ou de tangage il embarque une grande quantité d'eau. Il devient alors utile de « cintrer » le bâtiment, difficile opération consistant à l'entourer de nombreux tours de grelins ou de câbles qui passent sous la quille et reviennent par les sabords ou par-dessus le pont s'il n'y a pas de sabords. On vire ces tours au cabestan, on aiguillette, on bride, on garnit de coins pour mieux les raidir. Le ceintrage a rarement lieu sans qu'on allège le navire.

Un bâtiment, ayant une voie d'eau très forte et se trouvant en pleine mer dans les calmes de la ligne équatoriale, fit le long de son bord un radeau sur lequel il déchargea presque toute sa cargaison; il vira en carène sur ce radeau; le calme dura et on

aveugla la voie d'eau. Il est téméraire certes de décharger son bâtiment en pleine mer, mais il est des situations où l'on peut tout tenter.

Les procédés d'allègement des bateaux en péril à la mer sont connus: on se débarrasse d'une certaine quantité du chargement en le jetant par-dessus bord; on sacrifie la mâture en la coupant et l'abandonnant.

Tous les navires possèdent des pompes et des garnitures de rechange. Sur les steamers et certains bâtiments à voiles (certains voiliers possèdent à bord une petite machine à vapeur destinée aux travaux de force : halage de cordages, virage du cabestan, etc.), ces pompes sont mues par la vapeur. A bord de nombreux voiliers du Nord, les pompes sont actionnées par un moulin à vent installé sur le pont, à côté et au pied du grand mât; mais la généralité de ces appareils d'épuisement sont mis en marche à bras d'hommes. Les modèles de pompes adoptées par toutes les marines sont presque universellement bien compris, donnent un maximum de rendement et peuvent franchir aisément des voies d'eau moyennes.

Dans les mises à la côte, si le bâtiment n'a pas talonné, ou ne s'est pas trop disloqué sur le rivage (et cela dépend beaucoup de la marée où il a échoué, la force des flots et du vent étant variable dans ce cas), on inspecte minutieusement la carène dès qu'on peut en approcher, et on fait boucher avec des paillets en bois, ou des sacs remplis de cellulose, et calfater, en s'inspirant de la nature des avaries et des circonstances, les ouvertures produites dans la coque. On fait condamner tous les panneaux, écoutilles, hublots, etc., et on cherche à redresser un peu le navire s'il est couché, en le soutenant au moyen de béquilles *ad hoc*. Lorsque le navire aura été porté sur les hauts-fonds ou à la côte, on a dû prévoir son échouage à la mer descendante, et, pour éviter que le bâtiment ne se couche lorsque le flot sera retiré, on fera bien d'apiquer les basses vergues, les laisser glisser verticalement en dehors jusqu'au fond, en s'en servant comme d'ancres ou de béquilles. On. assujettit ces vergues par tous les moyens possibles, en leur faisant contre-butter les bats-mâts au-dessous des hunes; on s'efforce d'installer ces vergues transformées en béquilles avant que l'inclinaison du bâtiment soit trop forte. Pour éviter de fatiguer la mâture, on dépasse les mâts de perroquets et on cale les mâts de hune. On mouille au large, par le travers du bâtiment du côté du bord le plus élevé,

une ou plusieur ancres sur les grelins desquelles on vire avec force. Un ou deux remorqueurs, si on en peut requérir, se tiennent prêts à passer des aussières pour retenir et diriger le bâtiment échoué, quand la mer sera assez haute pour qu'il puisse flotter. Cette opération est soumise, pour sa réussite, au calme relatif de l'air et de la mer. Bien entendu, il faut que les réparations provisoires aux œuvres vives soient en quelque sorte terminées dans l'intervalle d'une marée, en admettant que le bateau soit presque à sec à basse mer. On peut obtenir ce résultat rapide de remise en état, en établissant des cloisons en bois à l'intérieur du navire et vis-à-vis des parois défoncées. On assure l'étanchéité de ces cloisons en bourrant les interstices des planches jointives qui les forment, avec de l'étoupe imbibée de brai chaud. On soulage le navire en dégréant et transbordant toute la mâture haute.

Si l'on a constaté que toute chance de renflouement est perdue, il faut s'inquiéter sans retard des moyens extra-rapides de sauvetage des machines, chargement, agrès, mobilier, etc.

On est arrivé à faire flotter des navires en les remplissant de barriques vides à l'intérieur, et en disposant un certain nombre de ces barriques pour former une ceinture extérieure convenablement arrimée sur le pourtour des bordages. Ce mode de sauvetage a l'avantage, si l'on use de moyens mécaniques de levage, de diminuer l'effort à produire par les engins utilisés.

Dans ce même ordre d'idées, on peut se servir de sacs en caoutchouc que l'on gonfle d'air.

Nous avons essayé, il y a quelques années, de gonfler des sacs en toile imperméable extra-solide avec du gaz acétylène produit par des récipients noyés et contenant du carbure de calcium. Le résultat a été encourageant. Un inventeur français. M. Matignon, a perfectionné ce procédé en fabriquant des sacs parfaitement étudiés et en entourant ces sacs de filets solides pourvus de suspentes en câble, auxquels on rattache les chaînes de levage passées préalablement sous la carène. Au moyen de robinets spéciaux, on laisse arriver l'eau au contact de récipients à carbure dont chaque sac est armé, et ces sacs, se gonflant, soulèvent irrésistiblement et peu à peu l'épave. Nous préconisons le dispositif Matignon notamment pour le transport de l'épave entre deux eaux. à l'effet de gagner un haut-fond.

Nous avons parlé, dans la première partie de cette note du procédé de renflouage par « chemise » pour les bateaux fluviaux.

En voici une application maritime toute récente sur le coquet paquebot *Félix-Faure*, qui fait le pittoresque service estival entre Rouen et le Havre.

On se souvient que c'est à la suite d'un abordage nocture avec, un steamer anglais que le *Félix-Faure* sombra, le 12 juillet dernier, entre les feux d'Yville et de la Roche, en Seine Maritime.

A priori, la situation du navire était très délicate, et les ingénieurs des Ponts et Chaussées et des services de la Marine, qui vinrent reconnaître l'épave émirent un avis des plus pessimistes sur les chances, fort restreintes d'ailleurs, du sauvetage, et en admettant que les sauveteurs pussent opérer immédiatement, c'est-à-dire avant que les vases apportées par chaque marée eussent par trop enlizé le navire.

Nous fûmes chargé par les assureurs de contrôler les travaux et de conseiller l'entrepreneur.

Le fond était de vase dure mélangée de cailloux crayeux. Aux marées moyennes, l'avant du paquebot était recouvert de 7,40 *m* d'eau et l'arrière de 1 *m* au moment de la pleine mer. Le bâtiment apiquait considérablement de l'avant. Aux marées de vive eau avec des coefficients de 77 et 78, l'eau montait sur le cabanage de la passerelle. La situation du navire était encore rendue plus précaire par suite de sa position : cap à l'aval et l'axe longitudinal du vapeur faisant un angle de 20° environ avec le chenal. L'arrivée bi quotidienne du mascaret était, dans ces conditions, un redoutable assaut. Le plan d'eau, montant de 2 *m* en moyenne en trois minutes, obligeait à de grosses précautions pour préserver le personnel, notamment les scaphandriers, dont la sécurité eût été gravement compromise par l'établissement subit du courant de foudre développé en-quelques secondes.

La reconnaissance sous-marine que nous fîmes montra dans la carène une blessure affectant la forme d'un triangle renversé, dont la base sise aux parois était de 2,85 *m* et la hauteur 3,40 *m* au droit du salon des deuxièmes classes entre la passerelle et le mât de misaine, côté tribord.

Les tôles des carreaux de 9 *mm* avaient été roulées et crevées et le barrottage, les planches de pont, les membrures cornières, les varangues, le vaigrage au droit de la rupture du bordé, brisés, emportés, roulés.

Tous les compartiments du navire étaient pleins d'eau. Le paquebot est divisé par six cloisons étanches, mais, en raison de l'apiquage du bâtiment, les compartiments s'étaient remplis

successivement par le pont s'abaissant sous le poids de 160 *t* d'eau environ, faisant irruption dans le salon des deuxième classes, par la brèche formidable causée par l'étrave de l'abordeur.

Pour procéder au renflouage, une étude des marées s'imposait. C'est le 29 juillet que le matériel fut rendu à pied d'œuvre et nous décidâmes que le navire devait être remis à flot le 23 ou le 24 août suivant, pour profiter des coefficients 61 et 60, marée de morte-eau. Aussitôt les travaux commencèrent. Il convenait préalablement de couper les bavures des tôles de bordé à l'effet d'appliquer ensuite sur la blessure un placard ou paillet en tôle de 1 *mm*, édifié par avance et calculé de dimensions et de résistance suffisantes. Nous eussions pu nous servir d'explosifs pour aller plus vite, mais les explosions eussent pu ébranler la carène et faire refuser ensuite le navire par les armateurs.

Pour couper les tôles et couvre-joints, nous fîmes confectionner des burins de 5 *m* et de 40 *mm* de diamètre, en acier, dont le scaphandrier maintenait la tranche coupante sur le métal à abattre, pendant qu'à l'air les hommes frappaient à la masse sur le bout émergeant. Puis nous eûmes recours aux scies à métaux du type adopté pour scier les rails. Ces préparatifs durèrent 16 jours. Enfin le placard fut descendu solidement étrésillonné, et doublé d'un mur, en ciment armé, de 15 *cm* d'épaisseur.

On établit alors une charpente en bois robuste continuant en quelque sorte les membrures du navire jusqu'au-dessus du plan d'eau à l'étiage de basse mer et suivant l'horizontalité de ce plan d'eau. Puis sur cette carcasse gabarit on cloua, en les raccordant au liston-ceinture du navire, des séries verticales de planches sapin, de 23 *cm* × 4 *cm* d'épaisseur et 4,75 *m* de haut, jointives diminuant, de hauteur en allant vers l'arrière du navire. Sur cette cloison furent clouées des bâches formant chemises. De cette façon, l'eau qui couvrait le pont, et représentant une tranche liquide affectant la forme prismatique (poids 300 *t*), fut isolée de l'extérieur.

Des tapes étanches furent placées aux hublots crevés.

Le navire fut débarrassé d'une partie de l'armement accessible, notamment d'une des chaînes des ancres, et de ces ancres.

Toutes choses étaient à peu près parées lorsque l'on atteignit la soirée du 23 août.

Deux bateaux-pompes, appartenant le premier à la Chambre de commerce de Rouen, le second à l'entrepreneur, furent accostés à tribord et à babord du paquebot.

Nous décidâmes la tentative de renflouage pour le lendemain à midi, avec cette réserve de ne pomper, tout d'abord, que jusqu'à découvrir le pont, afin de ne point fatiguer le navire et éviter une déformation possible de la carlingue au droit de la blessure.

On devait procéder ensuite, au moment du flot, à l'épuisement des divers compartiments représentant 1 000 *t* en totalité. Les bateaux-pompes pouvaient épuiser chacun 900 *t* à l'heure.

Donc, le samedi 24, à midi, date ultime fixée par nous, les pompes centrifuges furent actionnées. La chemise fut reconnue bien étanche. Peu à peu le pont se découvrit, le navire se soulageant de l'avant déséchouait progressivement. On suspendit le pompage pour attendre le flot. Quinze minutes avant l'arrivée du flot, les pompes furent remises en mouvement. Le bâtiment s'allégeait de plus en plus et le courant de flot survenant le remettait dans ses lignes d'eau. Un remorqueur passa une aussière sur l'avant du paquebot, et, sur l'ordre de l'entrepreneur, fit force d'hélice vers l'aval.

Demeuré à bord de l'épave, nous signalâmes aussitôt que le bâtiment flottait. Il était 6 h. 20 du soir.

Toujours accosté des deux bateaux-pompes qui, toutes les heures, donnaient un coup d'épuisement, le navire passa la nuit au milieu du chenal, et, le lendemain, remontait en remorque à Duclair. Le lundi matin, le convoi, arrivait à Rouen, où le paquebot *Félix-Faure*, si heureusement sauvé, était mis sur le slip.

Les réparations s'élèvent environ à 80 000 *f* (dont la moitié de cette somme pour les aménagements qui ont le plus souffert) et dureront cinq mois. Le navire était resté coulé quarante-trois jours.

Si l'opération du renflouage n'avait pas été exécutée mathématiquement le 24 août, jour prévu par nous, le bâtiment aurait été perdu, car, dans la nuit du dimanche au lundi, un fort coup de vent s'était élevé, augmentant les effets destructeurs du flot croissant en force déjà par suite de l'augmentation des coefficients de marée.

Ça été une surprise dans le monde maritime d'apprendre le succès de cette opération.

A tout prendre, l'engin d'épuisement le plus parfait est la pompe centrifuge, ainsi que nous l'avons déjà indiqué. Grâce au nouveau dispositif d'accouplement en série, on obtient avec les

pompes centrifuges *Invicta* accouplées par deux, un rendement de 1 800 m^3 par heure avec un diamètre de 0,35 *m* à la tubulure d'aspiration et pour une hauteur d'aspiration de 9,50 *m* environ; l'amorçage est fait par injection de vapeur ou par remplissage hydraulique automatique.

Sir William White, dans sa *Naval Architecture*, donne une formule intéressante qui montre combien il convient de se défier des moindres fissures ou trous dans une coque.

Soient A, la surface d'un trou (en pieds carrés), D, la hauteur d'eau en pieds; le volume d'eau, introduit par seconde, est $8 \times \sqrt{D} \times A$ en pieds cubes. Prenons un trou de 2 pieds carrés ce qui est minime, avec une hauteur d'eau de 12 pieds (environ 3,66 *m*), cette formule donne 94,8 *t* par minute! C'est gentil.

Il y a quelques années, le steamer *Corsica* des Chargeurs Réunis, sortant de l'Écluse des transatlantiques au Havre, fut jeté à tribord, par une violente rafale, contre l'angle du quai de l'Écluse. Le pavois fut défoncé à 2 *m* au-dessous de la flottaison. Le steamer avait un trou béant de 13 *m* de long sur 4 *m* de haut, plus les arrachements du rivetage des tôles avoisinant la blessure.

Le steamer eut juste le temps de sortir du sas, et coula dans l'arrière-port. Le navire était resté vertical, ayant fait sa souille dans l'épaisse vase du port. Le *Corsica* mesure 97,70 *m* de long sur 14 *m* de largeur. Il jauge 3 000 *t*. Il calait 5,70 *m* au moment du naufrage. Pour boucher cette immense blessure de 52 m^2 de superficie, le scaphandrier Pestel disposa contre l'ouverture un système extérieur de poutrelles et de madriers formant placard-paillet; même dispositif fut employé à l'intérieur, et le tout fut solidement étrésillonné avec des tire-fonds et arc-bouté en ce qui concernait la face interne. On fixa alors sur ce bâtis six bâches goudronnées, superposées, formant ensemble étanche. Une bavure de tôle tournée à angle droit avait nécessité un caisson rapporté sur le placard extérieur. On épuisa ensuite les cales au moyen de puissantes pompes installées sur des chalands, et sur le quai. L'ensemble des travaux dura cinq jours, et le cinquième jour à la marée du matin, le *Corsica* flottait.

Un sauvetage à peu près identique fut exécuté pour le vapeur *Saint-Marc* coulé en travers de l'avant-port, également au Havre.

L'introduction de l'air, à la pression atmosphérique ou comprimé, est un bon procédé physique de renflouement des navires et bateaux en fond. Le sauvetage de *l'Arrogante*, sombrée en

rade de la presqu'île de Giens, est une application du système de remise à flot par l'air, à la pression ordinaire. Après qu'on eut bouché exactement toutes les ouvertures du navire, on établit deux cheminées partant de la coque engloutie, pour aboutir à la surface de la mer; dans l'une des cheminées, on fit passer la manche aspirante d'une pompe qu'on actionna, l'eau aspirée étant remplacée au fur et à mesure par l'air extérieur arrivant par l'autre cheminée. Quand on eut pompé ainsi une certaine quantité d'eau, *l'Arrogante* remonta à la surface. Il est à remarquer que pendant l'opération, l'air qui entrait dans le navire au cours de l'épuisement de l'eau intérieure avait naturellement la pression ordinaire atmosphérique, qui agissait seule sur le « dessous » du pont, de bas en haut, tandis que le « dessus » du pont supportait de haut en bas, en plus de la pression atmosphérique, toute la colonne d'eau qui le surmontait, soit une pression équivalente à un dixième d'atmosphère par mètre. Ce phénomène naturel nécessita l'obligation d'épontiller les ponts du navire au cours du relèvement; sans cette précaution, importante à signaler, on eût pu craindre de les voir s'enfoncer sous la pression de l'eau.

Avec cette méthode de l'évacuation d'eau intérieure et de la rentrée de l'air à la pression atmosphérique, on ne peut traiter que des coques coulées sous des profondeurs d'eau ne dépassant pas 10 *m*, par la raison connue que c'est la pression atmosphérique qui fait monter l'eau dans la manche d'aspiration de la pompe, à l'appel du piston. Chacun sait que plus la pression est grande, plus l'eau peut s'élever. Au niveau de la mer, la hauteur moyenne d'élévation d'eau par une pompe est, à la pression atmosphérique, de 10 *m*. Cette hauteur est naturellement moindre sur une montagne et plus forte au fond d'un puits.

Notre conclusion est donc que, si un navire avait 10 *m* d'eau sur le pont, il serait impossible d'épuiser l'eau qui le remplirait en employant la méthode utilisée pour *l'Arrogante*. Même avec 8 *m* d'eau au-dessus de la coque, les pompes n'auraient pu vider, intérieurement, le navire que sur une hauteur de 2 *m* environ.

Il n'en va pas de même si, au lieu de l'air à la pression normale, on se sert de l'air comprimé comme procédé physique de renflouement. Là on ne sera plus limité à des profondeurs de 10 *m*, et on pourrait presque se passer des appareils d'épuisement. On installerait la manche étanche de refoulement d'air

comprimé à bord de la coque; l'eau serait refoulée au moment de l'intrusion de l'air, et on donnerait issue au liquide, soit par un tuyáu venant du fond de la cale, ou débouchant au-dessus du pont, à la surface de la mer ou au-dessous, soit simplement par un trou recouvert d'une crépine avec soupape extérieure en caoutchouc, s'ouvrant de dedans en dehors, de manière à éviter toute rentrée quelconque du liquide extérieur, au cas où on serait dans l'obligation de suspendre momentanément l'intrusion de l'air comprimé.

Il y a à craindre néanmoins l'éclatement possible du pont si la pression intérieure de l'air comprimé dépasse 1 *atm* pour un navire coulé bas sous 10 *m* d'eau; 2 *atm* pour un navire sombré sous 20 *m* d'eau; 3 *atm* pour un bâtiment en fond sous 30 *m* d'eau. Pour éviter l'éclatement possible de la coque, il conviendrait d'établir deux tubes qui serviraient, l'un, pour le passage du tuyau d'aspiration (ce tuyau descendra à fond de cale), l'autre, pour laisser arriver l'air refoulé (ce tuyau débouchera un peu au-dessous du pont ou de la paroi supérieure quelconque du navire). Quand le bâtiment remontera à la surface, la pression extérieure de l'eau qui pèsera sur le pont diminuera; mais, si la pression intérieure ne diminuait pas, le pont éclaterait. Il faudra donc percer le pont et fermer les trous par des dispositifs de soupapes *ad hoc*, s'ouvrant de dedans en dehors, destinées à laisser échapper l'excès de pression de l'air pouvant devenir dangereux, sans toutefois compromettre le bénéfice de la flottabilité que l'on vient de rendre à l'épave ramenée à la surface.

Pour un navire en fer, à cloisons étanches, dont plusieurs compartiments sont intacts encore, ce procédé de renflouement est à préconiser en raison de sa rapidité; ce qui est toujours à rechercher avant tout. Il y a six ans un vapeur de 3 000 *t* *le Charles-Martel*, remontait la Gironde par temps de brume. En route il fut abordé par un autre vapeur, *le Cambrai*, qui descendait.

Le capitaine du *Charles-Martel* voyant son navire dangereusement blessé à tribord devant, les tôles de pavois étant crevées et roulées sur une longueur de 12 *m* et une hauteur de 3 *m*, vira sur tribord, pour échouer perpendiculairement à la rive très accore, l'avant du navire qui vint en travers au courant. L'étrave échoua bien, mais, par suite des renversements bi quotidiens du courant, la rive contre laquelle s'appuyait l'avant du navire s'affouilla avec une extraordinaire rapidité. Le bâtiment s'apiqua de plus en plus. Le compartiment des machines s'emplit par

l'eau atteignant et dépassant les hiloires des panneaux du pont. Quand nous arrivâmes, quatre jours après le sinistre, envoyé par les assureurs, la situation du navire nous parut désespérée. C'est en vain que des essais de renflouage par l'air furent tentés. Le navire était perdu. Il est resté couché dans sa souille et a constitué un écueil signalé d'ailleurs aux navigateurs, l'arrière émergeant. Cet exemple montre la nécessité de la plus grande promptitude dans les dispositions de sauvetages, que nous indiquions tout à l'heure.

Il peut arriver qu'un navire vienne à capoter sur place, ou en cours de navigation. Sans pouvoir indiquer à ce sujet des règles absolument précises pour les travaux à exécuter, par cela même que le tonnage, la position de la coque, le lieu du sinistre, sont autant de facteurs dissemblables avec lesquels il faut compter, il y a lieu néanmoins de citer les procédés employés pour le redressement du trois-mâts *Fédération*, que nous prenons comme exemple de chavirement à quai. En 1891, ce voilier, à l'issue de son déchargement à l'appontement où il était amarré, s'inclina sur bâbord et chavira. C'était un navire de 2400 *t*, de 70 *m* de long et de 10 *m* de large. Une grande cale occupait la presque totalité du vaisseau. Trois écoutilles y donnaient accès ; la plus grande s'ouvrait sur le milieu du pont. La voilure était celle d'un trois-mâts barque avec perroquets et cacatois aux deux mâts de l'avant ; les deux mâts de l'avant, les vergues et le gréement étaient métalliques.

Au moment du chavirement, toute la mâture haute était en place, les écoutilles ouvertes. A mer basse, le bâtiment lège (2,24 *m* de tirant d'eau AR) avait 8 *m* d'eau sous sa quille, il ne pouvait donc pas échouer. Le navire ne coula pas, parce que l'étai du grand mât vint se placer en travers de l'appontement. Le vaisseau s'appuyait en partie sur cet étai et en partie sur ses basses-vergues, dont les extrémités s'étaient plantées dans la vase. Dans cette position, l'hiloire de la grande écoutille était encore à 50 *cm* au-dessus de l'eau. Pour empêcher le bâtiment de s'enfoncer davantage, on relia la tête des bas-mâts à des points fixes, et à cet effet on mâta aux extrémités du grand mât et du mât de misaine deux bigues destinées à porter des caliornes frappées à l'extrémité des bas-mâts. Ces caliornes pouvaient supporter un effort de 30 000 *kg*. A l'extrémité du mât de misaine, on pouvait aussi faire agir un ponton mâture d'une force de 15 *t* et à l'extrémité du grand mât un grand ponton mâture de 50 *t*.

Pour modérer l'effort supporté par les points fixes, on plaça sur la quille six vieilles chaudières d'un poids total de 95 *t* environ, et dont les élingues étaient fixées au pied des mâts. Pour éviter que le bâtiment ne vienne à sombrer si une voie d'eau venait à se déclarer aux jointes des panneaux ou aux coutures du pont, on tenait prêts des appareils d'épuisement en nombre suffisant. Tous les panneaux et écoutilles avaient été préalablement condamnés. Tout ce qui pouvait entraver le mouvement de relèvement du bâtiment fut soigneusement enlevé, et on équilibra avec les chaudières précipitées le couple de chavirement.

On fit agir sur la tête des mâts les appareils de redresse, tout en modérant par des retenues le mouvement de redresse lui-même, qui, s'il avait été trop précipité, aurait pu entraîner le navire et le faire chavirer de l'autre bord. Les appareils de retenue étaient composés de trois caliornes frappées à l'extrémité des bas-mâts; deux chalands, l'un de 15 *t*, l'autre de 40 *t*, reliées par des chaînes à la tête des bas-mâts. Comme on pouvait donner à ces chaînes telle longueur que l'on voulait, il était donc possible d'arrêter le bâtiment en un point quelconque de sa course. En larguant les élingues qui maintenaient les chaudières sur la quille, on pouvait supprimer tout ou partie du lest artificiel et arrêter ainsi, sinon modérer, le mouvement de redresse du bâtiment.

Lorsque le trois-mâts fut ramené à 12° environ de la verticale, on considéra l'opération comme terminée, et 80 *tx* de sable qui furent embarqués à ce moment comme lest dans la cale vinrent assurer définitivement la stabilité du bâtiment. Trois jours suffirent aux préparatifs, et une journée au redressement.

C'est à peu près dans des conditions semblables que fut redressé le trois-mâts, *Jacques* de 1 900 *tx* de jauge, chaviré à quai en changeant de place et sur lest, dans un bassin au Havre. Le navire avait chaviré sur bâbord, la mâture reposant sur le terre-plein du quai. On pût prendre appui sur ce quai pour aider au moment du redressement du navire par l'intermédiaire des bats-mâts soulevés à l'aide de caliornes puissantes frappées sur les lignes installées sur le quai, pendant qu'on déterminait le mouvement de rotation du navire sur son axe longitudinal en plaçant un lest calculé sur la carlingue de façon à abaisser le plus possible le centre de gravité. Des appareils de retenue avaient été disposés pour enrayer le mouvement de rotation s'il eût pris de l'amplitude sur tribord.

En 1897, le quatre-mâts *Europe*, de 3 500 *tx* de jauge, auquel on terminait les derniers travaux d'emménagement aux chantiers de Normandie, fut brusquement privé d'un de ses points d'amarrage emporté par une grande marée. Pris par l'arrière du travers, le bâtiment gagnait la berge et chavirait sur tribord, la quille horizontale.

Le renflouage en fut opéré dans des conditions semblables à celui du *Jacques*, avec cette différence que l'*Europe* avait échoué.

Il en fut de même pour le voilier en fer *Croisset*, de 2030 *tx* de jauge, chaviré à peu près au même endroit et pour des causes identiques à celles du chavirement du *Jacques*.

Les renflouages de l'*Europe*, du *Croisset*, ont été exécutés par le scaphandrier Pestel, sous la direction de M. Bretel, ancien lieute-de vaisseau, et pour compte des assureurs. Ces travaux durèrent plusieurs mois.

Il y a quelques années, le *Strasbourg* de la maison *Bordes et fils*, trois-mâts franc, tout en fer, de 1 783 *tx*, revenant du Chili avec 20 200 sacs de nitrate de soude, coulait dans le port de Dunkerque, après avoir heurté le jas verticalement placé au moment du mouillage de son ancre. Le navire avait une blessure dans la quille, de 25 *cm* sur 30 *cm*.

En coulant, le navire se coucha sur bâbord. La cargaison de 400 000 *f* fut presque totalement perdue. Une Société suédoise de sauvetage conclut *no cure no pay* un contrat de renflouement pour 50 000 *f* (le navire vaut 250 000 *f*).

On débarrassa le bâtiment de toutes ses vergues et de ses mâts supérieurs. Puis les scaphandriers pénétrèrent dans le navire pour enlever tout ce qui pouvait être retiré. On boucha la voie d'eau. On disposa 200 *t* de gueuses de fonte à fond de cale le long de la carlingue et entre les wash-plates pour déterminer l'abaissement du centre de gravité.

On condamna les panneaux arrière et le grand panneau dûment consolidés. On fit passer par le panneau avant, ouvert au côté haut tribord, les manches des pompes du vapeur-renfloueur. On avait pris la précaution d'épontiller soigneusement le pont et le faux-pont. On attendit une marée propice. Elle se présenta le 2 septembre. Les pompes furent actionnées à 4 heures du matin. Elles débitaient 500 *t* à l'heure. A 6 h. 40, le navire commençait à se relever, pivotant autour de son tournant de carène et dans la vase.

Au fur et à mesure que le navire pivotait, les scaphandriers

travaillant dans la cale déplaçaient successivement le lest en le reportant de plus en plus sur tribord. En huit heures le bâtiment fut redressé.

En ce qui a trait à la position d'un navire chaviré en pleine mer, cette position est des plus critiques et il y a peu de chances pour le sauver.

Il est possible, une fois qu'on a sacrifié la mâture en la coupant et l'abandonnant, que le bâtiment se relève, mais il peut également arriver qu'une fois les mâts séparés de la coque celle-ci, dans laquelle l'eau aura pénétré, vienne à couler à pic. Il ne reste donc pour l'équipage, dans ce dernier cas, que la ressource de se sauver dans les embarcations ou de construire un radeau.

En 1890, il nous à été donné de préconiser pour le déséchouage d'un vapeur de 2 000 *t* chargé de fonte, échoué de l'avant sur un haut-fond de sable vasard découvrant à l'ouverture du Zuydersée à basse mer, au nord de la côte hollandaise, l'emploi d'une drague suceuse qui à haute mer, parvint à désagréger suffisament le fond pour, la marée aidant, permettre au bâtiment culant à toute vapeur, et ayant deux ancres mouillées au large sur lequelles il se halait avec ses treuils, de regagner les grands fonds. L'opération avait durée trois heures

En 1891, dans d'autres circonstances, à la suite d'échouage sur plage de sable, en Angleterre, nous fîmes épontiller un vapeur de 350 *t* et creuser un chenal à main d'homme. Le temps étant demeuré beau, le navire put, par ses propres moyens, regagner la haute mer en suivant le chenal creusé sur une largeur de 6 *m*, une longueur de 50 *m* et une profondeur de 1 *m*. Cette méthode des tranchées est aisée pour les petits navires, et peu applicable aux grands, à cause du déblai à exécuter dans le sol composé le plus souvent de terrains croulants : sable, vase, etc.

En 1888, nous parvînmes à remettre à flot, au prix de sérieuses difficultés, néanmoins un vapeur en fer jaugeant 1 600 *t*, chargé de bois de Norvège, échoué par brume, à mi-marée sur la côte écossaise, au sud, de Dundee-Newport. Nous construisîmes, au moyen des bois du chargement, un radeau-ber solidement établi sur lequel le bâtiment prit appui et, remorqué, gagna des eaux profondes.

En 1894, nous rendant dans le Brandon-Bay au sud-ouest de l'Irlande, à l'effet de rechercher les moyens de sauveter partie d'une riche cargaison de mattes de cuivre contenue dans un navire en fer nommé *Port-Yarrock*, nous constatâmes un phéno-

mène qu'il nous paraît intéressant de relater ici. En approchant de l'épave coulée sous 6 *m* d'eau, nous vîmes que les compas du petit vapeur qui nous portait étaient affolés. Recherches faites, c'était l'influence électrique développée par l'immense pile que représentait la carène en fer du navire et la cargaison de cuivre noyée dans l'eau salée.

En 1896, au nord de Sydney, Cap Breton, en revenant de Saint-Pierre et Miquelon, nous nous intéressâmes au redressement d'un quatre-mâts en fer de 4000 *t*, qui fut renfloué par les procédés que nous venons de décrire précédemment pour le trois-mâts *Fédération*.

Les tentatives de sauvetage ne réussissent pas toujours.

En cas d'abandon obligatoire du navire à la mer, la construction d'un radeau comporte les principes généraux suivants :

La base d'un radeau se compose de pièces de drôme, de mâture, de bordages, fortement liées ensemble avec des cordages, mais espacées pour présenter le plus de développement possible, et disposées à donner trois ou quatre fois plus de longueur que de largeur. Plusieurs rangs de tonneaux vides, mais bondés, seront d'un grand secours sous la base du radeau pour le tenir plus élevé sur les flots quand il sera chargé. Une plateforme en madriers ou en planches bien clouées doit s'étendre, si faire se peut, du milieu aux deux bouts. On installera un petit mât, une voilure, et une machine à gouverner ; le mieux serait d'employer de grands avirons de galère si l'on en a à bord du navire que l'on abandonne. On multipliera sur les bords du radeau les chandeliers avec des filières qui serviront de garde-corps et de tolets de nage pour les avirons. On cherchera à emporter des fanaux et des pavillons nécessaires aux signaux, ainsi que des boussoles, instruments, cartes, lunettes, avirons, ancres, grappins, câbles, grelins. On n'oubliera pas des briquets, de l'amadou, des bougies et des allumettes. On se munira surtout de vin, d'eau-de-vie, de farine, de viande salée et de biscuit en barriques. On y déposera, si on le peut, sans compromettre la stabilité du radeau et la mission humanitaire qu'il doit remplir avant tout, les objets précieux que l'on aurait le temps de retirer de la cargaison du navire.

III

CONSIDÉRATIONS SPÉCIALES

On connaît la limpidité de l'eau de mer.

En Méditerranée, où la salure de l'eau est plus accusée, cette transparence augmente encore dans les anses abritées. C'est ainsi qu'au cours d'expériences que nous fîmes autrefois à bord de la *Couronne*, vaisseau-école de canonnage en rade des Salins d'Hyères, nous percevions très bien le fond à 30 *m* à l'aplomb de la galerie du commandant. Le temps était clair et le soleil brillait.

Du haut du phare de Galantry, à Saint-Pierre et Miquelon, et du haut du capelage de perroquet de grand mât d'un voilier mouillé en rade de New-York, près des Narrows, ces mêmes phénomènes de visions parfaites et à ces mêmes profondeurs, se manifestèrent. Nous avons utilisé souvent les avantages de cette transparence pour déterminer *à priori* l'emplacement sous-marin des épaves coulées. Mais il est constant que, pour déterminer très exactement la position et l'emplacement d'un navire coulé, il n'y a rien de mieux que de se placer dans la nacelle d'un aérostat. Les aéronautes savent combien les perceptions visuelles des plans hydrographiques sont aisées quand on domine à des altitudes moyennes de 100 *m* et par temps clair des fleuves et des estuaires maritimes.

Actuellement l'École d'Aérostation de la Marine à Lagoubran procède précisément à des études avec ballon captif monté, en vue d'opérer des levés hydrographiques.

En ce qui a trait à l'envoi des câbles et aussières destinés aux établissements des va-et-vient entre les navires échoués et la terre ferme, il est constant que les moyens pyrotechniques pour fusées et canons porte-amarres sont difficilement utilisables, car, dans le plus grand nombre des cas, le tir de terre est gêné considérablement par le vent debout. Il conviendrait d'envoyer, au contraire du navire, le projectile entraîneur de la ligne. Nous signalerons un de nos procédés pour établir le va-et-vient.

Pour porter des lignes destinées à hâler des cordages de diamètre plus gros, nous avons employé à diverses reprises des

petits ballons en caoutchouc ou des sacs imperméables gonflés d'air et que nous laissions dériver dans le lit du vent dans la direction du point à atteindre. Cette première application fut exécutée sur la côte d'Irlande en 1894. Cette méthode réussit à souhait pour atteindre un point dangereux pour les embarcations à cause du ressac.

Nous avons eu le grand honneur de nous rencontrer dans cette idée avec le très distingué ingénieur militaire qu'est M. le colonel de génie Renard qui, l'an dernier, à une réunion de comité au Ministère de la Marine, pour l'Exposition d'Ostende, a bien voulu nous parler de ses recherches dans ce sens.

Lorsque nous apprîmes l'échouage du vapeur *Russie* sur la côte de Faraman, nous pressentîmes aussitôt un très éminent officier général de la marine à l'effet d'appliquer cette méthode pour envoyer par mer une amarre à bord, mais en utilisant, vu l'urgence, un ballon normal militaire, ballon de 640 m^3, du port de Toulon. Ce ballon non gonflé aurait été amené, le vent soufflant du large vers la terre, par un croiseur, au vent convenable du vapeur échoué. On eut gonflé ce ballon aux deux tiers et en dix minutes, avec les tubes pleins d'hydrogène comprimé également amenés de Toulon à bord du croiseur. Le ballon aurait été très probablement sacrifié et un long câble, déjà retenu à bord du croiseur aurait été amorcé par le bout libre aux suspentes réunies du filet de l'aérostat. Le ballon se serait enlevé sous le vent du croiseur et ce navire aurait couru quelques bordées pour amener l'aérostat entraînant le câble à à passer au-dessus du vapeur *Russie*, échoué. A ce moment, on aurait molli en choquant le câble reliant l'aérostat au croiseur. Ce câble serait tombé à bord du vapeur en perdition. Le va-et-vient aurait été ensuite établi. Ce projet fut goûté, mais, entre temps, les sauveteurs du Carro parvinrent jusqu'au vapeur *Russie*, qui fut d'ailleurs renfloué ultérieurement.

Nous terminerons par la citation d'un fait plutôt rare, se rattachant néanmoins aux travaux de sauvetages maritimes : Le retirement d'une locomotive de la Compagnie de Paris à Orléans tombée dans la cale de radoub, à Bordeaux. On avait débarqué du vapeur *Château-Laffitte* trois locomotives, retour de l'Exposition de Chicago. Ces trois locomotives avaient été transbordées du navire sur une plate-forme flottante composée de deux chalands accouplés. Ces chalands furent introduits ensuite dans la forme de radoub et on s'occupa d'amener successivement les

locomotives à terre. L'une d'elles fut débarquée sans encombre. Mais la deuxième, une locomotive-tender de la Compagnie de Paris à Orléans tomba dans la forme.

On assécha cette forme. La machine, pesant 43 *t*, fut retrouvée les roues en l'air. Aucun engin de levage flottant ne pouvait enlever ce poids. Seule une grue sur ponton fut reconnue enlever 25 *t*. Nous eûmes à étudier ce travail pour compte des assureurs. L'opération fut exécutée par les chantiers Labat. On sépara la chaudière du châssis et sans toucher au mécanisme, de façon à n'avoir que des poids de 20 à 23 *t* à enlever. On remplit ensuite la forme de radoub, on amena la grue flottante et on élingua successivement le châssis avec les roues, puis la chaudière, que l'on remit sur son châssis.

Réparée pour 5 000 *f*, cette machine fut remise en service courant.

LES
TRAMWAYS A VAPEUR
AUX INDES NÉERLANDAISES
(JAVA, MADOURA ET SUMATRA)

PAR

M. Auguste MOREAU

Considérations générales.

On appelle tramways à vapeur, aux Indes néerlandaises, des chemins de fer légers, à vitesse réduite, dont la construction n'a coûté par kilomètre que le tiers environ des frais moyens de construction d'un chemin de fer proprement dit (ce qu'on appelle un « chemin de fer primaire »).

Leur longueur totale actuelle atteint environ les deux tiers de celle des chemins de fer et la longueur moyenne par Compagnie dépasse 77 *km*. Au 1er janvier 1901, il y avait en exploitation : 1 485 *km* de tramways à vapeur et 2 228 *km* de chemins de fer.

L'exploitation des tramways à vapeur est des plus simples et sans aucun luxe ; mais, grâce à la facilité qu'ils présentent de pénétrer partout, à la régularité et à la sécurité de leur fonctionnement, en même temps qu'à l'économie qu'ils procurent sur les anciens moyens employés, ils rendent au pays de grands services et ont puissamment contribué à son développement ; il faut ajouter à cela que, malgré leurs recettes modestes et leurs tarifs réduits, le rendement moyen du capital engagé dans leur construction est très satisfaisant.

Les dividendes atteignent jusqu'à 10 0/0 du capital engagé pour certaines Compagnies.

Historique.

Dès 1842, le Gouvernement néerlandais, dans l'intention de développer l'agriculture et le commerce, songea à améliorer à Java les moyens de transport par la construction de voies ferrées.

Cette même année, on mit en adjudication la construction et

l'exploitation d'une ligne devant relier le port de Samarang avec la résidence de Kedou et les principautés (États vassaux indigènes, protectorats). Le transport devait se faire au moyen ne charrettes remorquées par des buffles ; en somme, on projeta, il y a soixante ans, pour Java, un tramway sans vapeur d'une simplicité toute primitive, et où les buffles devaient remplacer les chevaux, ordinairement employés quand on fait usage de la traction animale.

Malheureusement cette adjudication ne tenta personne et resta sans résultat.

En 1860, une Commission fut chargée d'étudier un plan général de voies ferrées pour Java. Deux ans après, le Gouvernement accordait sa première concession à la Compagnie des chemins de fer des Indes néerlandaises pour une ligne de Samarang à Djocja, qui fut construite à voie normale de 1,435 *m*. La loi de juillet 1863 donna une garantie limitée d'intérêt, mais imposa à la Compagnie l'obligation de construire un embranchement stratégique très coûteux en terrain accidenté.

Tout cela, cependant, ne put décider l'initiative privée à construire des lignes économiques d'intérêt local pas plus sous le régime des « chemins de fer proprement dits » que sous celui des « chemins de fer secondaires » ; ce n'est que récemment, en 1881, que les choses commencèrent à prendre une autre tournure.

Le genre tramway à vapeur n'existant pas à cette époque aux Indes néerlandaises, on profita de l'absence de toute réglementation pour le créer et pour obtenir la concession Samarang-Joana, rédigée dans un sens très libéral.

Ce fut un grand succès : les 267 *km* de cette Compagnie mis en exploitation jusqu'au 1er janvier 1900 n'ont coûté en moyenne que 57 500 *f* par kilomètre, y compris le matériel roulant, les extensions, etc., et les résultats financiers, très satisfaisants dès le début de cette Compagnie, furent la cause d'un rapide développement des « tramways à vapeur » aux Indes néerlandaises.

Ce succès engagea le Gouvernement à réduire au minimum admissible, l'ingérence de l'État dans la construction et l'exploitation des tramways à vapeur. Les divers règlements sur cette matière survenus depuis 1885, sont conçus dans cet esprit libéral, spécialement les derniers.

Le caractère plus large de ces prescriptions a puissamment contribué au développement et à la viabilité des tramways à vapeur. Leur construction économique est d'ailleurs beaucoup

facilitée, surtout à Java, par l'existence de belles routes assez larges pour la plupart, pour l'emploi desquelles les concessionnaires ne payent aucune redevance, et dont les travauxd'art sont quelquefois suffisamment larges et solides pour donner passage au tramway. Sinon il suffit souvent, pour ce qui concerne les petits travaux d'art, d'y apporter un renforcement ou un élargissement. En outre, le Gouvernement cède gratuitement ses terrains non cultivés dont le tramway peut avoir besoin. L'État étant, à Java, propriétaire de la plupart des terrains possédés par les indigènes pour leurs cultures, la somme à payer par le tramway pour l'occupation de ces terres se réduit à une indemnité au tenancier; l'État cède gratuitement au tramway, pour la durée de la concession, tous ses droits de propriétaire

Cependant le Gouvernement, tout en cherchant à gêner le moins possible l'extension des tramways à vapeur par des restrictions trop sévères, devait néanmoins se préoccuper de l'avenir; c'est pour cela qu'en 1893, il arrêta un *Plan général des voies ferrées de Java* où figuraient d'abord les lignes de l'État, puis les voies privées en exploitation et en construction, enfin 11 lignes projetées, le tout harmonisé de manière à former plus tard un réseau rationnel.

Parmi ces 11 dernières lignes, il y en avait 6 qui pouvaient sans inconvénient être construites comme « tramways à vapeur », mais des considérations d'ordre supérieur et surtout stratégique, firent imposer à cinq de ces lignes l'obligation d'être établies de façon à pouvoir livrer passage au matériel roulant des chemins de fer de l'État.

Dès ce moment, on distingua deux types de tramways à vapeur :

a) Ceux qui permettent le passage du matériel roulant des chemins de fer de l'État;

b) Ceux sur lesquels le passage de ce matériel ou d'une partie de ce matériel est impossible.

Sur les 11 lignes projetées en 1893 il y en a actuellement 9 en exploitation ou en construction :

1 Comme chemin de fer de l'État;

4 Comme chemin de fer secondaire de l'État;

4 Comme tramway à vapeur, type *a*.

Classement des tramways.

En dehors de cette considération d'échange du matériel roulant, les seize Compagnies actuellement existantes sont de plusieurs types : ainsi la Compagnie dite *du tramway à vapeur des Indes néerlandaises*, n'a que **14** *km* de longueur et ne transporte que des voyageurs (Batavia et faubourgs); néanmoins la recette brute kilométrique annuelle, en 1900-1901, dépassait 50 000 *f*. C'est le genre : *tramway de ville*.

Pour d'autres, au contraire, comme la Compagnie du Tramway à vapeur Samarang-Joana, qui avait, au 1er janvier 1901, 318 *km* de lignes, 75 0/0 de ses recettes proviennent du transport des marchandises. La recette brute kilométrique annuelle 1900 n'est que de 7 174 *f*.

C'est le type : *chemin de fer léger;* plus intéressant au point de vue économique que le tramway de ville, surtout pour les pays neufs et pour les colonies qui ne présentent pas de fortes agglomérations.

Il y a aussi des Compagnies comme le Tramway Java-Est qui tiennent des deux genres, servant au transport des voyageurs dans une grande ville (Sourabaïa) et ses faubourgs, et exploitant en même temps des lignes où domine le transport des marchandises : c'est le *type mixte*.

On voit donc que chaque ligne a son caractère propre et son champs spécial d'action.

C'est qu'en effet, pour être viable et en même temps rendre les services qu'on en attend, il faut que chaque tramway soit pour ainsi dire « individualisé » c'est-à-dire construit et exploité conformément aux exigences économiques particulières à la contrée.

Pour l'ensemble des seize Compagnies, la recette due aux voyageurs est à peu près égale à celle du transport des marchandises :

(Voyageurs 3 314 *f* et marchandises 3 440 *f* par kilomètre en 1900).

Actes de concessions et Cahier des charges.

Les concessions des tramways du type *a*, prescrivent la résistance minima des ponts et du matériel de la voie, le rayon minimum des courbes et certaines dispositions (tampons) du matériel

roulant. Elles imposent en outre l'obligation, lorsque les recettes dépassent une certaine limite, de transformer les tramways à vapeur en chemins de fer secondaires, au gré du Gouvernement.

Toutefois, ce dernier étudie encore en ce moment une modification des conditions de rachat et aussi une méthode de capitalisation du bénéfice net qui tient compte des fluctuations du taux normal de l'intérêt de l'argent.

Pour les extensions ultérieures, embranchements, etc., l'État se réserve, pour ce cas spécial, des droits pour le cas où il construirait ultérieurement une ligne aboutissant aux mêmes quais et bâtiments que le tramway à vapeur.

Il est imposé, afin de prévoir l'avenir du réseau général, que les cahiers des charges des Compagnies de Tramways à vapeur s'expriment clairement :

1° Sur la *durée* de la concession;

2° Sur les conditions de *reprise* par l'État à l'expiration de la concession;

3° Sur les conditions de *rachat* du tramway avant cette expiration.

Dans la première concession, qui a été accordée en 1881, la durée n'a pas été fixée, pas plus que les conditions de rachat. A cet égard, cette concession constitue une véritable curiosité, peut être unique en son genre.

Les cahiers des charges ultérieurs fixaient à 50 ans, puis, plus tard à 90 et 99 ans, la durée des concessions.

A l'expiration de cette dernière, le Gouvernement a le droit de reprendre le tramway pour la somme que coûterait son établissement avec tous ses accessoires, à l'époque du rachat, déduction faite de l'usure normale due à l'usage.

Les stipulations sur l'époque à laquelle le Gouvernement a le droit de racheter le tramway varient d'un cas à l'autre.

Le règlement des Chemins de fer fixe ce délai à vingt années d'exploitation de la ligne entière.

Pour le Tramway Java-Est, l'État ne pouvait le racheter avant dix ans d'exploitation.

Pour les tramways du type *a*, au contraire, qui constituent une fraction du « plan général de 1893 », l'État se réserve le droit de rachat en *tout temps*, même avant que la ligne soit terminée.

On a appliqué trois formules différentes pour le calcul du montant à payer en cas de rachat :

1° Le capitald e construction augmenté de 10 0/0.

Le contrôle des dépenses de construction étant assez difficile, et la formule étant peu encourageante pour la Compagnie, elle n'a trouvé application que dans quelques cas isolés (exemple : Djocja-Magelang);

2° Vingt fois le bénéfice net moyen annuel de l'exploitation pendant les trois plus prospères des cinq dernières années d'exploitation.

Cette formule, visant la valeur commerciale, est exacte en théorie, mais en pratique le bénéfice net est difficile à établir.

En outre, la définition précise de ce qu'il faut entendre par bénéfice net dans le cas spécial ne figure pas dans les concessions qui appliquent cette formule (exemple : Java-Est);

3° Vingt-cinq fois le bénéfice annuel calculé comme suit : la moyenne des sommes payées en dividende pendant les dix dernières années, augmentée de la moyenne des sommes payées comme intérêt d'obligations pendant les trois dernières années, diminuée de la moyenne des intérêts encaissés le cas échéant par la Compagnie pendant les trois dernières années.

Cette dernière formule a été appliquée aux tramways précités du type *a* en particulier à la Compagnie Samarang-Chéribon. La plupart des circonstances qui peuvent se présenter ont été prévues savoir :

Construction trop coûteuse éventuelle de la ligne; provisions en magasin ou commandées; travaux d'art provisoires plus ou moins hors de service (ponts en bois); rachat avant que la ligne entière soit en exploitation; rachat avant dix ans d'exploitation de la ligne entière; maximum et minimum du prix de rachat; travaux d'extension et d'amélioration approuvés par le Gouverneur général; travaux d'extension et d'amélioration non approuvés par le Gouverneur général; état d'entretien insuffisant de la ligne et du matériel, etc.

Voie. — Rail.

Au point de vue de l'unité future du réseau, il y a encore deux questions importantes qui se posent : celle de la largeur *de la voie* et celle du *poids des rails*. La voie adoptée est de 1,067 *m* pour tous les tramways à vapeur en exploitation à l'exception des deux suivants :

Le tramway à traction animale de Batavia, appartenant à la Compagnie du Tramway des Indes néerlandaises, avait 1,188 *m*

d'écartement et l'a conservé lorsqu'il a été transformé en 1884 en tramway à vapeur sans foyer (14 *km*).

Le tramway électrique de Batavia (14 *km*) a 1,188 *m* d'écartement, comme le tramway à vapeur sans foyer précité.

Le tramway à vapeur Djocja-Brossot (24 *km*), qui alimente le chemin de fer Djocja-Samarang, a le même écartement que celui-ci, soit: 1,435 *m*.

Les chemins de fer de l'Etat ont un rail de 25,7 *kg* par mètre, obligatoire pour les tramways à vapeur du type *a*. Quelques tramways à vapeur du type *b* ont adopté un rail de 21 *kg* par mètre. Le rail tout à fait insuffisant de 9 *kg* par mètre, essayé par une Compagnie, lui a coûté cher ; il a dû être remplacé peu de temps après la mise en exploitation par un rail de 19 *kg*.

Résumé.

Les seize Compagnies de tramways à vapeur en exploitation au 1er janvier 1901 présentaient une longueur totale de 1 485 *km*.

En outre, il y en a deux en construction et plusieurs en concession provisoire.

L'application du *moteur à pétrole* pour remplacer la traction animale sur un tramway du centre de Java (Solo 30 *km*) est à l'étude.

Le Département de la Guerre exploite dans la partie septentrionale de Sumatra, un tramway à vapeur à écartement de 0,75 *m* dont le but est surtout *stratégique*, mais qui est livré au public pour le transport des voyageurs et des marchandises. [Transport annuel total (gouvernemental et public) : 600 000 voyageurs et 4 300 *t* de marchandises]. La longueur actuelle est d'environ 150 *km* et l'on étudie d'importantes extensions dont plusieurs kilomètres déjà construits (Pedir). Ce tramway spécial n'est pas régi par le règlement des tramways à vapeur.

Dans ce qui précède ne figurent pas les tramways privés à traction animale ou mécanique et à voie permanente ou portative, destinés aux transports de l'agriculture, de l'industrie, des forêts, etc.

Ces tramways spéciaux sont régis par deux règlements particuliers « le *Staatsblad* de 1885 » et un autre de 1895 qui ont donné toute satisfaction dans la pratique.

Le chemin de fer de Déli (Sumatra) est alimenté par une centaine de kilomètres de ce type à écartements différents. D'autres tramways privés desservent, notamment à Java, de nombreuses plantations de sucre, des exploitations de forêts, etc.

Tramway de Samarang-Joana.

Généralités. — Cette ligne est située au nord et dans la partie centrale de la longue île de Java (1). Elle est due entièrement à l'initiative privée et a été établie sans aucune subvention ni garantie d'intérêt du Gouvernement. En dehors des besoins de satisfaire à un trafic évident de voyageurs et de marchandises, elle a été construite spécialement pour faciliter l'exportation des produits régionaux, le bois et le sucre.

La longueur totale des lignes en exploitation au 1er janvier 1900 est de 267 *km* de lignes à simple voie, savoir :

Le tramway de ville (à Samarang) .	12,6 *km*
La ligne principale.	87,6
Les embranchements.	167,1
TOTAL. . . .	267,3 *km* (2)

Le caractère spécial du réseau résulte des besoins auxquels il était appelé à satisfaire.

La ligne principale traverse une contrée ayant une population dense mais qui, cependant, ne peut payer que des tarifs très modérés. A l'époque de la construction, la culture du sucre était déjà très développée et promettait au tramway un trafic assez considérable pendant une partie de l'année à des tarifs avantageux.

L'agriculture indigène ne produisait à cette époque que des articles consommés sur place, et ce n'est que peu à peu que cet état de choses s'est modifié, grâce aux transports à bon marché.

Il ne fallait donc compter au début que sur un rendement très modéré et on a dû assurer la viabilité du tramway par une construction économique et une exploitation très simple.

La présence d'une large route postale qui se prêtait partout à la pose de la voie ferrée fut d'un grand secours pour l'installation de la ligne principale.

La construction des extensions ultérieures eut pour but principal de créer un moyen de communication pour l'exportation du bois des forêts. Les lignes devaient alors pénétrer dans des terrains plus accidentés, ce qui empêchait souvent de suivre les grandes routes.

(1) Voyez carte pages 936 et 937, Bulletin de décembre 1901.
(2) Au 1er janvier 1901 : 318 *km*.

Le système simple d'exploitation à vitesse maxima d'abord de 15 *km* puis de 20 *km*, à l'heure, avec un large emploi de travailleurs indigènes, a été toujours suivi et a donné complète satisfaction; les résultats financiers sont restés favorables malgré les recettes modérées.

PRINCIPALES CONDITIONS DE LA CONCESSION.

Une première ligne reliant Samarang à Joana présente une longueur de 100 *km*.

Elle a été concédée par arrêté du Gouverneur général du 18 mars 1881 n° 5, sous les conditions suivantes :

Les accotements de la grande route pourront être utilisés. et même une partie de la chaussée empierrée, pourvu qu'il reste une largeur libre de 3,4 *m* réservée à la circulation des véhicules ordinaires.

La ligne pourra traverser les ponts et viaducs existants, renforcés et élargis au besoin ; il devra toujours rester une largeur libre de 2,5 *m*.

Le concessionnaire ne payera rien pour l'emploi de la route postale, des ponts, etc., ni pour les terrains non cultivés que le Gouvernement lui cédera.

Le Gouverneur général pourra autoriser un déplacement partiel de la route postale aux frais du concessionnaire.

Le tracé définitif sera fixé par le Gouverneur général.

Le matériel roulant devra également être approuvé par le Gouvernement avant d'être mis en service.

La vitesse maxima permise est de 15 *km* à l'heure.

Le Gouvernement contrôlera la construction, l'entretien et l'exploitation de la ligne ; les bases de ce contrôle seront arrêtées par ordonnance générale.

Le concessionnaire soumettra à l'approbation du Directeur des Travaux publics les règlements de service.

Les tarifs de transport devront être publiés. On pourra s'en écarter par des conventions spéciales.

Le transport gratuit est obligatoire pour les fonctionnaires du contrôle et les colis postaux.

Le capital de garantie à verser par la Compagnie est de 42 000 *f*. La concession sera annulée si certaines conditions (acceptation, mise en exploitation, capital de garantie) n'ont pas été observées.

La durée de la concession est illimitée et il n'y a aucune condition de reprise ni de rachat.

Les concessions ultérieures pour les diverses extensions et embranchements se basent sur les articles 4 à 14 du *Staatsblad* 1885 (1) et ne fixent pas non plus la durée de la concession, ni les conditions de reprise et de rachat, sauf pour les lignes Rembang-Plountouran et Joana-Lassem.

Construction.

Lorsqu'on préparait les projets, il était prescrit qu'on devait construire les lignes, autant que possible, sur les chemins existants, à rayons d'au moins 100 *m* et à pentes maxima de 10 *mm* par mètre. Pour les embranchements en terrain accidenté, la limite des pentes a été fixée plus tard à 14 *mm* par mètre et la plus grande partie de ces lignes a dû être construite sur terrain exproprié.

Le principe a été de construire d'une manière économique, mais solide, en évitant tout luxe superflu et en visant une exploitation économique et commode, tandis qu'en même temps on devait tenir compte d'extensions ultérieures éventuelles.

On a réussi à construire vite et bien sans sacrifier aux conditions indispensables à une exploitation économique et commode.

Pour éviter des terrassements coûteux ou des frais élevés d'expropriation, on a dû établir dans certains points, spécialement dans les embranchements, des pentes plus fortes ou des courbes plus raides qu'il n'était prévu.

Le Gouvernement a, de son côté, obligé quelquefois les concessionnaires à établir des travaux qui n'étaient pas favorables à une exploitation économique ; tel est, par exemple, l'emploi de contre-rails, l'emploi de rails noyés, etc.

Le nombre de kilomètres construits par an a varié de 12 à 30.

Les dépenses moyennes de construction par kilomètre se sont élevées à 35700 *f.*, non compris les frais d'achat du matériel roulant et de l'inventaire, ni les frais d'achat de concessions et les opérations financières.

L'intérêt du capital de construction n'est compris, dans les chiffres cités ci-dessus, que pour ce qui concerne les emprunts, (obligations).

Ouvrages d'art. — Le nombre de travaux d'art, et plus particulièrement des petits ouvrages, est très considérable, par suite des conditions topographiques spéciales de l'île de Java.

1. La teneur de ces articles diffère peu de celle des articles 4 à 14 du règlement de 1893.

Pour livrer passage aux cours d'eau, on profitait, autant que possible, des travaux d'art existant sur les anciennes routes. Si cela n'était ni possible ni permis, on construisait des ponts en bois s'étendant assez loin sur les rives pour qu'on pût se passer de culées.

Ce type de pont a été choisi pour travailler vite et à bon marché avec des ouvriers non expérimentés, le bois nécessaire se trouvant en grandes quantités dans les forêts voisines.

Pour les lignes construites plus tard, on fit également usage de ponceaux en maçonnerie, de conduites ouvertes ou de tuyaux en fonte.

Dans les derniers temps, on a construit les culées des ponts en maçonnerie et la superstructure en fer.

Il n'a pas été construit de grands ponts voûtés.

Les petits ponts métalliques sont en poutrelles simples ou doubles; les ponts en tôle pleine ont été employés pour des travées allant jusqu'à 18 *m* ; les ponts à travées plus grandes, allant jusqu'à 80 *m*, sont en treillis.

En vue des crues subites (banjirs) qui peuvent se présenter, les ponts ont été construits, autant que possible, sans piles dans le lit des rivières, et, dans les cas où l'on a été obligé de construire des piles, celle-ci se trouvent sur les berges élevées des cours d'eau.

Le montage des petits ponts métalliques se faisait, en général, à pied d'œuvre, ou bien ils étaient rivés et assemblés sur la voie et mis en place en glissant sur les rails.

Les travées plus grandes ont été assemblées sur des estacades provisoires en bois à leur emplacement définitif.

Les travaux étaient exécutés, autant que possible, dans la bonne saison.

Matériaux. — Les matériaux qu'on pouvait se procurer dans le voisinage étaient les galets se trouvant dans les ruisseaux, qu'on employait pour l'exécution des maçonneries grossières, comme les culées des ponts, etc.; le sable et le gravier se trouvaient également dans les ruisseaux voisins.

La chaux était fabriquée sur place dans des fours à chaux indigènes.

En général, les briques de fabrication indigène étaient de qualité inférieure; après quelques recherches on se procura cependant des briques de qualité suffisante.

Pour les charpentes permanentes, on a toujours employé le

bois djatti ; pour les travaux temporaires, on se servait du bois djatti, du bois de cocotier ou du bambou.

En somme, l'emploi de bons matériaux que l'on se procura sur place dispensa d'importer nombre d'articles coûteux venant de loin.

Le fer, l'acier, les pierres de taille et les pavés ont été seuls importés d'Europe.

Personnel. Main-d'œuvre. — La surveillance fut exercée par un chef de construction avec des conducteurs, des piqueurs et des contremaîtres indigènes.

Tout le travail se faisait à l'aide d'ouvriers libres.

En cas de travaux urgents, on allouait des primes ou bien le travail était concédé avec la condition obligatoire de l'achever à une date fixée.

La construction entière de la ligne principale Samarang-Joana fut confiée à un seul entrepreneur, qui recevait des acomptes au fur et à mesure de l'avancement des travaux.

Les embranchements ont été construits pour la plupart en régie.

Le règlement des entrepreneurs, des ouvriers et des matériaux fournis, s'opérait par l'intermédiaire d'un payeur, sur mandats, états de salaire, ou bons dressés par le personnel et signés d'accord avec les fonctionnaires de la surveillance.

Le paiement des ouvriers se faisait directement.

Les contrées traversées étant très florissantes, la construction de logements temporaires pour le personnel n'était nécessaire qu'à titre d'exception. De même, la Compagnie n'avait pas besoin de s'occuper de la nourriture ni du logement des ouvriers.

A l'origine de la construction, le recrutement du personnel exercé et d'ouvriers habiles était très difficile. Ceux qu'on pouvait trouver dans les ateliers à Samarang ou ailleurs, furent utilisés pour faire du mieux possible l'éducation des ouvriers indigènes. En faisant ensuite un certain choix parmi les élèves ainsi obtenus, on eut ordinairement toute satisfaction.

Voie.

L'écartement normal est de 1,067 *m* entre rails.

Les déclivités maxima de la voie principale sont :

1° Pour les lignes de plaine :

10 *mm* par mètre.

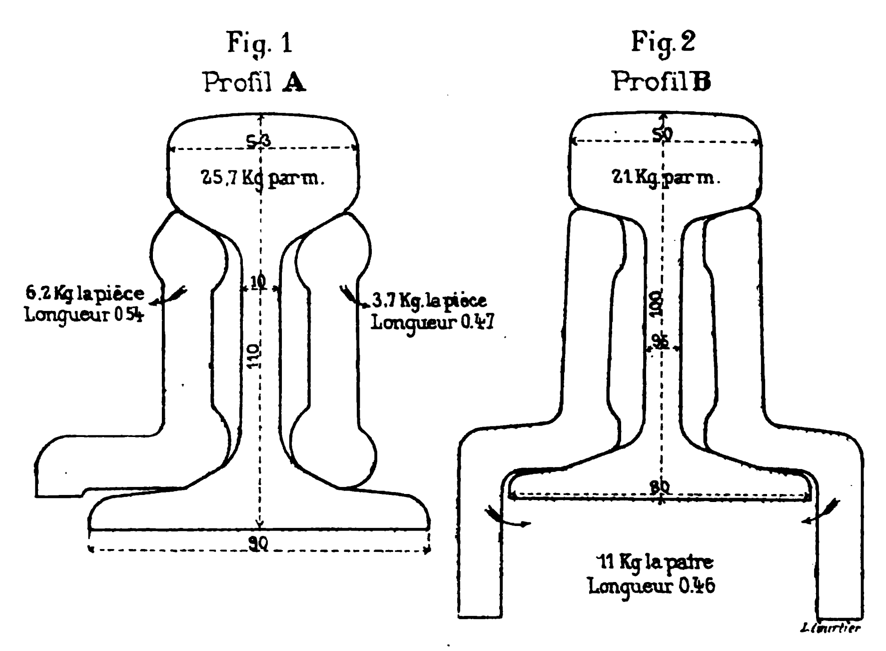
2° Pour les lignes accidentées :

14 *mm* par mètre.

Pour les raccordements industriels, on admet 17 *mm* par mètre.

Les rayons minima des courbes sont de 100 *m* pour la voie principale et de 50 *m* pour les raccordements d'usines.

Dans la ligne principale Samarang-Joana, on a employé le type de rail A (*fig. 1*, profil des Chemins de fer de l'État à Java) du poids de 25,7 *kg* par mètre courant, tandis que, pour les lignes construites dans la suite, on a choisi le type B plus léger de 21 *kg* seulement (*fig. 2*).



La longueur normale des barres est de 9 *m* pour les deux types.

Les traverses sont en bois djatti et ont les dimensions suivantes :

	Longueur.	Largeur.	Épaisseur.
Traverses équarries	180 *cm*	22 *cm*	12 *cm*
— demi-rondes	180 *cm*	24 *cm*	12 *cm*

Leur poids est d'environ 40 *kg* la pièce.

Dans les lignes en construction, on posera des traverses équarries de 200 × 22 × 12 *cm*.

Dans les lignes en exploitation, il y a 10 traverses par 9 *m* de voie.

Dans les lignes en construction que desserviront régulièrement des locomotives à trois essieux couplés, on pose en alignement, ou en courbes à rayon de plus de 350 *m* : 11 traverses par 9 *m* de voie.

Dans les courbes à rayon de 350 *m* ou moins, il y a 13 traverses par 9 mètres de voie.

Des selles seront mises entre le rail et la traverse sur toutes les traverses d'about; dans les courbes, on mettra en outre des selles sur une ou plusieurs traverses intermédiaires.

Les éclisses sont en porte-à-faux; l'éclissage s'opère au moyen de deux éclisses (dont les figures 1 et 2 donnent les profils) et de quatre boulons.

Les éclisses extérieures, type A, ont une longueur de 0,54 *m* et pèsent 6,2 *kg*; les éclisses intérieures ont 0,47 *m* de longueur et pèsent 3,7 *kg* la pièce.

Les éclisses type B, ont toutes deux 0,46 *m* de longueur, tandis que la longueur des ailes inférieures est réduite à 0,30 *m*. Leur poids est de 11 *kg* la paire.

Avant la construction du tramway, le transport des voyageurs se faisait à l'aide de chariots, de dogcars ou d'autres véhicules indigènes, tandis que le transport des marchandises s'effectuait au moyen de charrettes à buffles. Le transport, le long de la côte, se faisait à l'aide de pirogues.

Les matériaux pour la construction qu'on devait amener de loin furent placés dans des dépôts aux points d'origine de la ligne en construction.

D'abord les rails et les traverses furent transportés le long des routes par charrettes à buffles, afin de profiter le plus tôt possible du transport par voie ferrée.

Lorsqu'on eut construit une voie d'une longueur suffisante, les dépôts furent déplacés plus loin le long de celle-ci et les matériaux y furent transportés par train ou par lorry. Ensuite on recommençait le transport par charrettes à buffles. Au besoin, les dépôts étaient déplacés encore une fois pour réduire la longueur du transport par charrettes.

Le transport par lorry, des rails et des traverses sur la voie principale achevée ou provisoire, ne pouvait avoir lieu que dans certains cas, parce que les ponts non achevés ou des difficultés d'expropriation, s'y opposaient souvent.

TRACTION, MATÉRIEL ROULANT.

La Compagnie a deux types de locomotives.

Les locomotives pour les lignes de plaine ont deux essieux couplés avec un empattement rigide de 1,829 *m* et un poids de 13 *t* en service.

Pour les lignes à fortes déclivités, les locomotives ont trois essieux couplés avec un empattement rigide total de 0,95 + 1,05 = 2 *m*; en charge, elles ont un poids de 18,5 *t* réparti également sur les trois essieux.

Les locomotives de plaine remorquent une charge maxima de trois voitures, un wagon à bagages et huit wagons à marchandises ayant une charge utile de 8 *t* chacun.

Les locomotives à trois essieux couplés sont destinées à remorquer, sur des rampes maxima de 20 *mm* par mètre, avec une vitessse maxima de 12 *km* à l'heure : deux voitures, un wagon à bagages et cinq wagons d'une charge utile de 8 *t* chacun.

Les wagons à marchandises à deux essieux ont un empattement rigide de 1,9 *m*, et une charge utile de 5, 6 et 8 *t* selon les types.

En vue de transit, avec d'autres tramways raccordés sur celui qui nous occupe, les nouveaux wagons à marchandises auront tous un empattement rigide de 2,5 *m* et une charge utile de 8 *t*.

A l'exception des boiseries et des planchers, ils sont entièrement métalliques.

Quelques-uns de ces wagons sont munis d'une citerne pour le transport des liquides. D'autres ont des bords latéraux en bois qui se rabattent, et la plupart ont des caisses dont les portes peuvent être fermées à clef. Ces caisses ont une couverture en tôle ondulée et galvanisée.

Certains wagons à charge utile de 12 et 16 *t* sont portés par deux trucks à deux essieux chacun.

La distance entre les axes des trucks est de 5,25 *m*.

Les voitures ont deux trucks à deux essieux chacun, dont les axes sont distants de 4,75 *m*. La caisse est tout en bois, couverte d'un plafond en bois et d'une couverture surhaussée en tôle ondulée, galvanisée, entre lesquels l'air peut circuler librement pour combattre la chaleur.

Dans les parois sont ménagées de grandes ouvertures qu'on peut fermer au moyen de glaces ou de jalousies. Au-dessus de

ces baies, se trouvent encore des ouvertures de ventilation munies de lattes de jalousies.

Pour les voitures destinées principalement aux lignes en construction. la distance entre les axes des trucks est de 6 *m*.

Les châssis sont entièrement métalliques.

Le combustible employé sur la plupart des lignes est le bois djatti fendu; sur quelques lignes, on emploie le charbon et le résidu de pétrole.

Exploitation.

La première ligne a été mise en exploitation le 1er décembre 1882, la dernière le 1er mai 1900.

Il y a d'ailleurs encore des lignes en construction et d'autres à l'étude.

Le nombre de trains par jour dans les deux sens varie beaucoup pour les diverses sections de ligne. Sur celles de la ville de Samarang, où le transport se compose presque entièrement de voyageurs, les trains marchent dans les deux sens à trente minutes d'intervalle au plus.

Sur les sections qui servent surtout au transport des marchandises, les trains marchent de trois à sept fois par jour dans chacun des deux sens.

Ces horaires varient peu ou point dans les différentes saisons de l'année.

La composition moyenne des trains de ville est de deux voitures, et sur le reste du réseau où l'on transporte des marchandises, on y ajoute cinq wagons dont la charge utile totale est de 16 *t* en moyenne.

Les stations et haltes où les trains se croisent sont reliées par le téléphone, afin d'assurer la sécurité et la régularité du service.

Les signaux fixes, qui ne se trouvent qu'aux points de raccordement en pleine voie, sont reliés par le téléphone à la station voisine.

A Samarang, on a posé des voies le long du port pour faciliter le transbordement de marchandises du tramway dans les pirogues ou barques.

Les navires restent, en effet, assez loin sur la rade et ne peuvent charger ou décharger que par l'intermédiaire de ces embarcations.

Tarifs.

1° Voyageurs.

Première classe : Droit fixe.	1,05 *f*
Et, en outre, pour chaque kilomètre. . .	0,06 *f*
Deuxième classe, par kilomètre	0,02 *f*

2° Marchandises.

Colis, les 100 *kg* :

Droit fixe jusqu'à 20 *km*.	0,42 *f*
— au-dessus de 20 *km*.	0,84 *f*
Et, en outre, par 10 *km*.	0,10 *f*

Charge complète de wagon de 6 000 *kg* :

Droit fixe jusqu'à 10 *km*.	10,50 *f*
— de 10 à 20 *km*.	15,75 *f*
— au-dessus de 20 *km*	21,00 *f*

Et, en outre, jusqu'à 25 *km*.	1,26 *f*	par kilomètre
De 25 à 50 *km*.	1,05 *f*	—
De 50 à 75 *km*.	0,84 *f*	—
De 75 à 100 *km*	0,63 *f*	—
Au-dessus de 100 *km*	0,42 *f*	—

Pour une charge de wagon de 8 000 *kg*, il y a une majoration d'un tiers du tarif pour 6 000 *kg*.

On obtient le prix pour chaque classe de marchandise en multipliant le prix total obtenu d'après les bases ci-dessus, par un coefficient fixé pour chaque classe et variant de 1 à 0,25.

Dépenses et Recettes.

Dépense kilométrique en 1899.

	ANNUELLE	PAR JOUR	PAR TRAIN
a). . . . . Fr.	0,613	1,68	0,21
b).	0,971	2,66	0,33
c).	1,099	3,01	0,38
d).	0,639	1,75	0,22
Totale . . . . Fr.	3,322	9,10	1,14

Recette brute kilométrique en 1899.

	ANNUELLE	PAR JOUR	PAR TRAIN
Voyageurs et bagages . . . . Fr.	2,051	5,62	0,69
Marchandises et divers	6,023	16,50	2,06
TOTALE . . . . Fr.	8,074	22,12	2,75

Situation financière.

Le capital-actions s'élève à 7 350 000 *f.* Le montant des obligations (à 4 0/0) en circulation au 1er janvier 1900 était de 12 182 000 *f.*

A cette époque, les fonds de réserve et de renouvellement disposaient d'un total de 1 790 000 *f.* Ces fonds se sont graduellement formés depuis l'ouverture de l'exploitation en 1882. Pour l'année 1899, il a été ajouté à ces fonds une somme de 210 000 *f.*

Voici les dividendes payés depuis dix années (pour 100 du capital-actions) :

1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899
7	7	8	9	9,5	10,5	10,5	10,5	10,5	9

Tramway à vapeur de Java-Est.

L'installation de ces lignes est entièrement due à l'initiative privée.

La Compagnie possède plusieurs concessions, savoir :

1° *Sourabaïa-Sepandjang*, tramway de ville et de faubourg ;

2° *Sepandjang-Krian*, prolongement de la ligne I ;

3° *Modjokerto-Ngoro*, tramway destiné spécialement au service des sucreries ;

4° *Gemekan-Dinoyo* (embranchement de la ligne 3).

Longueur des lignes. — On compte actuellement :

1° La ligne principale Sourabaïa-Krian (dont environ le tiers dans la ville et les faubourgs de Sourabaïa. . . . . . 38,6 *km*

2° La ligne principale Modjokerto-Ngoro (non reliée à la ligne Sourabaïa-Krian) 33,6

3° L'embranchement Gemekan-Dinoyo de la ligne 2 (ne transporte que des marchandises ; exploitation facultative). 7,8

Total . . . . 80 *km*

Conditions des concessions. — Voici les principales conditions des concessions :

a) Sourabaïa-Sepandjang, II, 6 *km* (Arrêté du Gouverneur général du 24 octobre 1886).

Transport de voyageurs seulement.

Écartement de 1,067 *m.*

Capital de garantie versé par la Compagnie, 15 750 *f.*

Le tramway doit être mis en exploitation dans les trois ans après l'acceptation (aanvaarding) de la concession.

Si le tramway longe ou coupe des parcelles ayant des servitudes, le concessionnaire devra établir les passages nécessaires.

Durée : 50 ans. Prolongement éventuel de la durée après arrangement avec le Gouvernement.

En cas de désaccord, le Gouverneur général peut exiger que la Compagnie enlève le tramway à l'expiration de la concession.

Le tramway peut être racheté après dix ans d'exploitation au plus; indemnité : vingt fois le bénéfice annuel moyen des trois plus prospères des cinq dernières années.

L'état d'entretien doit être suffisant au moment du rachat; sinon déduction d'un montant à fixer par trois experts.

L'embranchement Stadstuin-Werfstraat, concédé le 23 septembre 1893, est soumis à des conditions analogues.

b) Sepandjang-Krian, 17 *km* (Arrêté du Gouverneur général du 29 octobre 1895).

Le tramway doit se raccorder à Krian avec le chemin de fer de l'État.

Durée : jusqu'à l'expiration de la concession Sourabaïa-Sepandjang.

Rachat éventuel dans le même délai que pour la concession n° 1 et à des conditions analogues.

Pour le reste, les conditions de concession sont celles du numéro 1.

c) Modjokerto-Ngoro, 33,6 *km* (Arrêté du Gouverneur général du 11 mai 1887, n° 8 *c*).

Transport de voyageurs et de marchandises.

Capital de garantie versé par la Compagnie : 25 200 *f*.

Raccordement à Modjokerto avec le chemin de fer de l'État.

Pour le reste, les conditions sont analogues à celles du numéro 1.

d) Gemekan-Dinoyo, 7,8 *km* (Arrêté du Gouverneur général, mai 1890, n° 7).

Transport de marchandises seulement.

Pour le reste, comme au numéro 3.

Aucune subvention en argent n'a été accordée par l'État sous aucune forme.

Études. — Projets.

Lorsqu'on dressait les projets, il était prescrit qu'on devait établir les lignes, autant que possible, sur les chemins existants, avec des rayons d'au moins 100 *m* et des pentes maxima de 10 *mm* par mètre.

Le principe était de construire d'une manière simple et économique mais solide, en évitant tout luxe superflu et en visant une exploitation économique et commode ; il fallait, en même temps, tenir compte d'extensions ultérieures possibles.

On a pu suivre assez bien le programme lors de la construction. Dans les lignes de ville, on pouvait cependant adopter sans inconvénient des courbes de plus faibles rayons.

En vue d'éviter des frais de construction, on a dû adopter des pentes ou des courbes un peu différentes de celles prévues aux projets.

Ces travaux concordant en différents points avec des prescriptions du Gouverneur n'ont pas été précisément favorables à une exploitation économique.

Construction.

Avant la construction du tramway, le transport des voyageurs se faisait au moyen de chariots et de dogcars ; celui de marchandises à l'aide de charrettes à buffles.

Les matériaux nécessaires à la construction, qu'on ne pouvait se procurer dans le voisinage, étaient transportés, au moyen de

ces charrettes à buffles, du dépôt à l'origine de la ligne en suivant les routes.

Dès qu'on avait construit quelques kilomètres de voie, les matériaux étaient transportés par trains ou par lorrys à un dépôt au bout de la voie ferrée; de là on les transportait plus loin à l'aide de charrettes à buffles comme dans le premier cas, et ainsi de suite.

A défaut de charrettes, le transport se faisait aussi à l'aide de coolies.

Le transport, par lorrys, des rails et des traverses sur la voie provisoire fut souvent empêché par suite des ponts qui n'étaient pas achevés ou de difficultés d'expropriation.

On pouvait recruter la plupart des artisans dans la ville de Sourabaïa; on engagea aussi un certain nombre d'entre eux qui avaient déjà fait leurs preuves à la construction du tramway Samarang-Joana. D'autres firent leur apprentissage sur place et devinrent tout à fait suffisants.

Les maçons, charpentiers, forgerons, riveurs, etc., étaient toujours de race javanaise.

Les charpentiers chinois travaillaient courageusement et bien, mais ils coûtaient fort cher: aussi ne furent-ils employés que pour des travaux spéciaux. Les monteurs de ponts ont été tous recrutés en Europe.

Quand on ne pouvait profiter des travaux d'art existant sur les routes, on établissait des ponceaux en maçonnerie, des conduites ouvertes ou des tuyaux en fonte ; on a souvent aussi simplement renforcé les travaux d'art existants.

Les travaux d'art furent toujours construits au moyen de matériaux définitifs, c'est-à-dire que la construction des culées se faisait en maçonnerie et la superstructure en fer.

Il n'y a eu aucun grand pont voûté, mais on a posé çà et là des ponceaux à siphon en maçonnerie.

Les petits ponts métalliques sont en poutrelles simples ou doubles; les ponts en tôle ont été employés pour des travées allant jusqu'à 18 *m*; les ponts à travées plus grandes, allant jusqu'à 40 *m*, sont en treillis.

Pour les rivières n'offrant pas de crues subites (bânjirs) on a également construit un certain nombre de ponts sur pieux à vis.

Les ponts métalliques de faible portée ont été montés à pied d'œuvre ou rivés et assemblés sur la voie et mis en place en les glissant sur les rails.

Les grandes travées ont été montées au moyen de ponts provisoires en bois, placés entres les culées.

Autant que possible, la construction se faisait de préférence dans la saison favorable.

Les matériaux qu'on pouvait se procurer sur place ou dans le voisinage étaient les galets, qu'on employait pour les maçonneries grossières (Rubble masonry) des culées, des murs épais, etc., ou, s'ils étaient de grande dimension (pierres de Bangil) pour des enrochements.

On trouva aisément le sable, le gravier, le ballast et les galets dans plusieurs rivières de la région.

La chaux était fabriquée dans des fours indigènes, en particulier à l'ile de Madoura.

Comme ciment, on employait le ciment rouge, produit composé de briques indigènes assez dures, qu'on broyait et réduisait en poudre.

Pour les maçonneries de peu d'épaisseur ou compliquées, on faisait usage de briques indigènes, qu'on pouvait se procurer de bonne qualité, sur les lieux.

Une bonne sorte de brique, qu'on ne pouvait cependant se procurer qu'en petite quantité, était la pierre *modjopait* provenant de ruines très anciennes; on trouva ces briques de place en place dans les rizières.

Comme ballast, on employait du gravier et du sable grossier.

Le ciment genre Portland fut amené d'Europe.

Pour les charpentes permanentes, on n'employait que le bois djatti : pour les travaux temporaires, on se servait du bois djatti, de cocotier ou de bambou.

Les pierres de taille pour les piles de ponts et les pavés, matériaux qu'on ne pouvait se procurer à Java, étaient importés d'Europe.

Voie.

L'écartement entre rails est de 1,067 *mm*.

Pour les lignes de ville (Sourabaïa-Krian) à transport de voyageurs, la pente maxima est de 14 *mm* par mètre; pour les lignes à transport de marchandises (Modjokerto-Ngoro), de 12,5 *mm* par mètre.

Les rayons maxima des courbes sont ds 60 *m* pour les lignes de ville, tandis que, pour les lignes à transport de marchandises

que desservent les wagons de l'État à empattement rigide de 3 *m*, le rayon minimum est de 150 *m*.

Dans les raccordements d'usines, on trouve des courbes à rayon de 50 *m*.

Le rail est en acier à patin du type indiqué fig. 2, et pèse 21 *kg* au mètre courant; la longueur normale des barres est de 9 *m*.

Les traverses sont en bois djatti et ont les dimensions suivantes:

	Longueur	Largeur	Épaisseur
Traverses équarries . . . . . . ,	1 80 *m*	0 22 *m*	0 12 *m*
— demi-rondes . . . . ,	1 80 *m*	0 24 *m*	0 14 *m*

Leur poids est d'environ 40 *kg* la pièce.

Il y a dix de ces traverses par 9 *m* de voie.

Les éclisses, de 0,46 *m* de longueur, sont en porte-à-faux: l'éclissage s'opère au moyen de deux éclisses; la longueur des ailes inférieures de ces éclisses est réduite à 0 30 *m*.

Leur poids est de 11 *kg* la paire.

MAIN-D'ŒUVRE. — SURVEILLANCE.

D'ordinaire les indigènes sont très intelligents et très dociles; ils peuvent être exercés en assez peu de temps et rendre de bons services.

La surveillance s'effectuait par un chef de construction et par des conducteurs, piqueurs et contremaitres indigènes (mandours).

Le chef de construction a été envoyé d'Europe, les conducteurs et piqueurs ont été choisis parmi les Européens et les Indo-Européens se trouvant sur place, tandis que les mandours étaient des Javanais.

La construction des lignes a été faite principalement en régie à l'aide d'artisans et d'ouvriers libres.

La pose de la voie sur certaines lignes, et plusieurs terrassements, ont été soumissionnés à des indigènes et à des Chinois qui travaillaient aussi avec des ouvriers libres.

En cas de travaux urgents, on allouait souvent des primes, le travail étant soumissionné avec la condition d'être achevé à une date fixée d'avance.

Le paiement s'opérait sur des mandats, des états de salaire ou des bons de matériaux fournis, tous signés par le fonctionnaire direct de la surveillance et contresignés par les chefs supérieurs.

Quant aux coolies, on les payait toujours directement. La Compagnie n'avait pas besoin de s'occuper de la nourriture ni du logement du personnel et des ouvriers, parce que cette contrée, très florissante et très peuplée, présentait sous ce rapport toutes les ressources nécessaires.

On a construit en moyenne 30 kilomètres par an. La longueur totale des lignes est de 80 kilomètres; elles sont à simple voie.

Traction. — Matériel roulant.

La Compagnie a deux types de locomotives.

Les locomotives affectées aux lignes qui desservent uniquement le service des voyageurs (Sourabaïa-Krian), ont deux essieux couplés avec un empattement rigide de 1,75 *m* et un poids de 9 *t* en charge.

Les autres locomotives ont deux essieux couplés aves un empattement rigide de 1,82 *m*, et leur poids est de 13 *t* en charge.

Les premières remorquent au maximum 3 voitures et 1 wagon à bagages; les dernières, 13 wagons à marchandises ayant chacun une charge utile de 8 *t*.

Sur les lignes que desservent uniquement les trains de voyageurs, on emploie le charbon et le résidu de pétrole ; sur les autres lignes on emploie également, outre le charbon et le résidu de pétrole, le bois djatti fendu.

Les wagons à marchandises à deux essieux ont un empattement rigide de 3 *m*; les wagons à bagages ont un empattement de 1,900 *m* et une charge utile de 8 *t*. A l'exception des boiseries et des planchers, ils sont entièrement métalliques.

Les wagons à caisses en bois ont une couverture en tôle ondulée et galvanisée.

Les wagons à marchandises, avec une charge utile de 16 *t*, ont deux trucks à deux essieux chacun. La distance entre les axes des truks est de 5,25 *m*. Les parois de ces wagons sont métalliques.

Les voitures ont deux trucks à deux essieux chacun et la distance entre les axes des trucks est de 5,96 *m*. La caisse est toute en bois, couverte d'un plafond en bois et, d'une couverture surhaussée en tôle ondulée et galvanisée, entre lesquels l'air peut circuler librement.

Les parois présentent de grandes ouvertures qu'on peut fermer au moyen de glaces ou de jalousies.

Les châssis sont entiérement métalliques.

Exploitation.

La première ligne a été mise en exploitation le 10 décembre 1889, la dernière le 10 février 1898.

Sur la partie de ligne où le transport se borne aux voyageurs, les trains marchent dans les deux sens à trente minutes d'intervalle et, accidentellement, tous les quarts d'heure dans les quartiers de la ville proprement dite ; huit fois par jour, dans les deux sens entre la ville et les faubourgs.

Sur les autres lignes, il n'y a que cinq trains par jour dans chaque sens.

La marche des trains ne varie pas ou varie très peu dans les différentes saisons de l'année.

Les trains de voyageurs se composent, en général, de deux ou trois voitures et d'un fourgon à bagages ; les trains mixtes, d'une ou deux voitures et de trois wagons à marchandises en moyenne.

Pour assurer la sécurité et la régularité du service il n'existe pas de dispositions spéciales. Sur une partie des lignes, les haltes sont reliées par le téléphone.

Il n'y a que la ligne Modjokerto-Ngoro et son embranchement qui transportent des marchandises. Cette ligne est raccordée, à Modjokerto, au chemin de fer de l'État, avec échange de wagons. A Modjokerto, une partie des marchandises est transbordée dans des barques à destination de Sourabaïa et pour cela on a posé des voies de transbordement le long de la rivière Brantas.

La ligne Sourabaïa-Sepandjang avec ses extensions ultérieures a été construite pour faciliter le transport des voyageurs dans la ville de Sourabaïa et ses faubourgs.

La construction de la ligne Modjokerto-Ngoro a eu pour but principal, outre le transport des produits pour les sucreries, le développement du trafic général dans la contrée parcourue, très florissante et très peuplée.

Tarifs.

1° *Tarif des voyageurs.* — Les voitures ont des compartiments de trois classes; l'entrée dans la première et la deuxième classe est libre pour tout le monde, tandis que la troisième classe est réservée exclusivement aux indigènes.

En moyenne, le prix de transport par kilomètre est de : 0,08 *f* pour la première classe, de 0,04 *f* pour la deuxième et de 0,02 *f* pour les indigènes.

Cependant, il faut observer que les prix de transport se payent par section et que, par suite, ils ne sont pas calculés exactement d'après la distance.

2° *Tarif des marchandises.* — *a)* Colis, les 100 *kg* (droit fixe) 0,21 *f* et en outre pour chaque 10 *km* ou partie de 10 *km* 0,21 *f*.

b) Charges complètes de wagon de 8 000 *kg* (droit fixe) : 10,50 *f* et, en outre, par kilomètre, 2,52 *f*.

On obtient le prix du transport pour chaque classe de marchandises en multipliant le prix total obtenu d'après le calcul indiqué ci-dessus, par un coefficient fixé pour chaque classe et variant de 1 à 0,2.

Recettes.

En 1899, la recette brute kilométrique a été :

Pour l'année	Fr.	8 826,00
Par jour		24,18
Par train		1,19

Dépenses d'exploitation.

Dépense kilométrique en 1899.

	ANNUELLE	PAR JOUR	PAR TRAIN
Frais généraux, direction, etc. Fr.	1.164	3,19	0,16
Entretien et renouvellement. . .	449	1,23	0,06
Machines, dépôts	2.628	7,20	0,36
Exploitation proprement dite . .	829	2,27	0,10
Total. . . . . Fr.	5.070	13,89	0,68

Résultats de l'exploitation.

La progression du trafic résulte des chiffres suivants :

	1891	1899
Longueur au 31 décembre. . . . *km.*	59	80
Nombre de voyageurs.	1 875 577	3 213 988
Tonnes de marchandises, colis	1 616	2 624
Tonnes de marchandises, wagons complets.	19 676	44 344
Tonnes de marchandises en totalité. .	21 292	46 968

Situation financière.

Les frais moyens de construction par kilomètre se sont élevés à 38 850 *f*, non compris les frais d'achat du matériel roulant et de l'inventaire, ni les frais d'achat des concessions et les frais des opérations financières. L'intérêt du capital de construction n'est compris dans le chiffre cité ci-dessus que pour ce qui concerne les emprunts (obligations).

Le capital-actions placé est de 3 150 000 *f*. Le montant des obligations (à 4 0/0) en circulation au 1er janvier 1900 était de 2 320 500 *f*.

A cette époque les fonds de réserve et de renouvellement disposaient d'un total de 459 500 *f*. Ces fonds se sont graduellement formés depuis l'ouverture de l'exploitation en 1889.

Pour l'année 1899 il a été versé dans ces fonds une somme de 66 200 *f*.

Voici les dividendes payés depuis 1889, pour cent du capital-actions :

Années :	1890	1891	1892	1893	1894
	3	3,8	4	4,8	5,9
Années :	1895	1896	1897	1898	1899
	6,5	5,4	3,25	3,5	4

Pour l'année 1897, les résultats financiers ont été moins favorables que dans les années précédentes à la suite d'une mauvaise récolte de riz et les prix réduits du sucre ; mais ces mauvaises circonstances se sont déjà notablement améliorées.

Tramway à vapeur de la Sérajou (Java).

Le tramway de la Sérajou est au centre de l'île de Java (1).

Il est entièrement à voie unique et relie Maos à Bandjarnegara (84 *km*) (2).

La concession a été donnée par un arrêté du Gouverneur général, du 23 décembre 1893.

Le raccordement avec le chemin de fer de l'Etat longeant la côte sud a lieu à Maos, point imposé ainsi que les points princi-

(1) Voyez carte pages 936 et 937, Bulletin de décembre 1901.

(2) Au 1er janvier 1901 : 91 *km*.

paux du passage de la ligne, en laissant au concessionnaire toute latitude pour le reste. Le but poursuivi par la construction de cette ligne a été de relier au chemin de fer de l'État la vallée de la Sérajou, qui est très fertile et particulièrement propice à la culture de la canne à sucre.

La rivière de la Sérajou, qui était autrefois le principal moyen de communication naturel, n'est navigable que sur une partie de son cours et encore rencontre-t-on sur celle-ci bien des difficultés.

La construction est due entièrement à l'initiative privée.

La ligne a été établie de ses propres ressources, aucune subvention n'a été accordée par l'Etat sous aucune forme.

Études. — Avant-projets.

La concession primitive était accordée en vue d'un chemin de fer secondaire; après examen du terrain, les avant-projets furent modifiés de manière à pouvoir servir au tramway actuel.

La principale modification fut le déplacement de l'axe, d'abord posé à travers champs, et qui fut placé le plus possible sur les routes elles-mêmes.

Des études spéciales ont dû être faites aux passages des grandes rivières et dans certaines parties en terrain très accidenté.

Les opérations géodésiques ont été faites à l'aide de tachéomètres pour compléter des plans d'irrigation préexistants.

Les prescriptions suivantes ont été observées pour la rédaction des projets définitifs.

Le tramway devait être construit autant que possible sur les chemins existants; cependant il fallait éviter les pentes de plus de 10 *mm* par mètre ainsi que les courbes ayant des rayons de moins de 200 *m*.

En élaborant les projets, on avait pour principe de construire d'une manière simple et économique, mais solide, en évitant tout luxe et en visant une exploitation économique, mais pratique, tandis qu'en même temps on devait tenir compte d'extensions ultérieures éventuelles et même d'une reconstruction possible du chemin de fer secondaire primitivement projeté.

En particulier, les grandes gares et les travaux d'art importants sont construits de manière à pouvoir servir en cas de reconstruction de ce chemin de fer.

TRAVAUX. — OUVRAGES D'ART.

Le rayon minimum des courbes a dû être réduit à 150 *m* tandis que la déclivité la plus forte a été portée à 12,5 *mm* par mètre. Pour la dernière partie de la ligne où le terrain est le plus accidenté, on a prévu que les transports seraient peu importants au début et s'effectueraient principalement à la descente ; on a appliqué des déclivités de 12,5 *mm* par mètre, ce qui permettait de suivre, autant que possible, les routes. De cette manière on parvint à éviter les lacets entraînant toujours d'importants travaux de terrassement. Quand on n'a pu supprimer ces lacets exigés par la nécessité de ne pas dépasser la déclivité maxima de 12,5 *mm* par mètre, les travaux d'art importants ont été établis de telle sorte qu'il n'y ait pas besoin de les modifier si plus tard on choisit un tracé plus favorable.

Le tramway étant situé entièrement dans la vallée de la Sérajou, les anciens transports dans la direction du tramway s'opéraient à l'aide de pirogues et plus loin, à l'aide de charrettes à cheval ou à buffle sur les routes existantes.

Les matériaux qu'on ne pouvait se procurer sur place étaient donc amenés à l'aide de pirogues et de charrettes à buffles, mais aussitôt que possible, on profitait du transport par voie ferrée.

Au début de la construction on partait d'un seul point d'origine et on déposait les matériaux dans des dépôts échelonnés le long de la ligne achevée.

Le personnel travailleur était composé d'artisans et d'ouvriers recrutés sur place ou engagés dans d'autres contrées de Java. Cependant certains travaux spéciaux, comme le montage des ponts métalliques, se faisait à l'aide de spécialistes envoyés d'Europe.

La topographie du terrain a exigé la construction d'un grand nombre de travaux d'art de toutes dimensions.

Quand le tramway suivait les routes ordinaires, on profitait autant que possible des petits ouvrages existants, en faisant, lorsque c'était utile, les renforcements nécessaires.

Pour livrer passage aux petits cours d'eau on a construit des ponceaux en maçonnerie, des conduits ouverts ou posé des conduites métalliques. On a aussi construit des siphons et aqueducs en maçonnerie ; si les conduites étaient de petite dimension, on employait aussi des rigoles en fer ou en bois reposant sur des points d'appui en maçonnerie.

Les petits ponts métalliques sont en poutrelles simples ou doubles ; les ponts à travées de 20 *m* et plus sont en treillis, aussi bien pour des ponts d'une seule travée que pour ceux à plusieurs travées en poutres continues.

En général, les petits ponts métalliques ont été montés directement à pied d'œuvre ou rivés et assemblés sur la voie et mis en place en glissant sur les rails.

Quelques travées ont été montées au lieu définitif sur des estacades provisoires en bois, dont quelques-unes atteignaient une hauteur de 26 *m*.

Les treillis formant une poutre continue étaient montés sur la voie, munis d'un nez de lancement, et tirés sur les culées et les piles à l'aide de rouleaux et de câbles d'acier.

On a dû procéder ainsi à cause du danger que présentait la construction de hauts ponts provisoires dans les rivières sujettes à de fortes crues subites.

Les matériaux comme les galets pour maçonnerie grossière, les briques, le gravier, le sable, le ciment rouge (briques indigènes broyées), la chaux, etc., pouvaient être pris sur place, ainsi que le bois djatti pour les travaux permanents.

Pour les travaux temporaires on employait le bois de cocotier ou le bambou.

Les pierres de taille pour les garde-corps des ponts, les pavés et le ciment genre Portland ont été amenés d'Europe, l'île de Java en étant complètement dépourvue.

On a construit en moyenne 30 *km* de ligne par an.

Voie.

L'écartement entre rails est de 1,067 *m*. La pente maxima est 12,5 *mm* par mètre.

Le rayon minimum des courbes est de 150 *m*.

Le profil du rail est indiqué figure 1 et présente un poids par mètre courant de 25,7 *kg* ; la longueur normale des barres est de 10,20 *m*.

Les traverses en bois djatti ont une longueur de 2 *m*, une largeur de 0,22 *m* et une épaisseur de 0,12 *m*.

Leur poids est de 42 *kg* environ. On emploie douze traverses par 10,20 *m* de voie.

Les éclisses sont en porte-à-faux ; l'éclissage s'opère au moyen de deux éclisses (voyez *fig. 1*) et de quatre boulons.

La longueur des éclisses extérieures est de 0,54*m* et leur poids de 5,84*kg* la pièce.

Celle des éclisses intérieures est 0,47 *m* et leur poids de 5,25 *kg*.

Main-d'œuvre.

Comme nous l'avons dit plus haut, le recrutement des artisans et des ouvriers se faisait aisément. En général, les indigènes sont très dociles et peuvent être exercés en relativement peu de temps.

Le personnel de surveillance se composait d'un chef de construction avec des conducteurs, des piqueurs et des contremaîtres indigènes (mandours).

Le chef de construction venait d'Europe ; les conducteurs et les piqueurs ont été choisis parmi les Européens ou Indo-Européens de la région ; les mandours étaient tous Javanais.

Pour la plus grande partie des lignes, la construction a été faite en régie à l'aide d'artisans ou d'ouvriers libres (coolies).

La pose de quelques sections de voie ferrée et divers travaux de terrassement ont été concédés par voie de soumission à des Chinois ou des indigènes, qui travaillaient aussi à l'aide d'ouvriers libres.

En cas de travaux urgents, on allouait des primes et le travail était soumissionné avec la condition de l'achever à une date déterminée.

Le paiement se faisait par des payeurs, sur des mandats, états de salaire ou bons pour les matériaux fournis, etc., tous signés d'accord par le personnel de la surveillance et contresignés par les fonctionnaires en chef.

Le paiement des coolies s'opérait toujours directement.

La Compagnie n'avait pas besoin de s'occuper du logement ni de la nourriture des ouvriers, parce qu'ils les trouvaient facilement eux-mêmes.

Il a simplement fallu bâtir quelques habitations convenables pour le personnel de la surveillance ; celles-ci pouvaient être utilisées par les fonctionnaires de l'exploitation après l'achèvement de la ligne.

Traction et Matériel roulant.

Les locomotives ont un poids de 20 1/2 *t* en charge ; elles ont troix essieux couplés écartés entre eux de 1,397 *m* ; elles

présentent donc un empattement rigide total de 1,397 *m* + 1,397 *m* = 2,794 *m*.

Leur poids est réparti aussi également que possible sur les trois essieux.

En terrain accidenté, elles peuvent remorquer des trains composés de six wagons pouvant porter chacun huit tonnes de charge utile.

Les wagons à marchandises sont de plusieurs catégories ; ceux qui ont deux essieux présentent une capacité de 8 *t* et un empattement rigide de 3 *m* ; à l'exception des planchers et des boiseries ils sont entièrement métalliques. Un certain nombre d'entre eux présentent des caisses dont les portes peuvent être fermées à clef ; leur couverture est en tôle ondulée galvanisée. Les autres ont des parois métalliques ou des bords latéraux en bois qui se rabattent.

Certains de ces wagons à marchandises ont une capacité de 16 *t* ; ils sont portés sur deux trucks à deux essieux chacun ; la distance entre les axes des trucks est de 6 *m*.

Les voitures à voyageurs ont un ou deux trucks à deux essieux chacun ; la distance entre les axes des trucks est de 5,71 *m* ou de 6 *m*. Les châssis sont métalliques et les caisses en bois couvertes d'un plafond en bois et d'une couverture surhaussée en tôle galvanisée ondulée entre lesquels l'air peut circuler librement. Nous avons déjà vu que cette précaution est généralement utile à prendre dans les pays tropicaux.

Les parois sont munies d'ouvertures qu'on peut fermer au moyen de fenêtres ou de jalousies.

Le combustible employé est le charbon ou le bois.

Exploitation.

La première ligne a été mise en exploitation le 16 juillet 1896, la dernière le 18 mai 1898.

Sur les diverses sections il y a trois trains par jour dans chaque sens.

Quelques-uns de ces trains ne se composent que d'une seule voiture, les autres de deux ; pour le reste, il y a en moyenne de cinq à six wagons par train.

En 1899, le nombre moyen d'essieux par train a été de 17,6.

Les stations et haltes où des trains se croisent sont reliées par le téléphone, afin d'assurer la sécurité et la régularité du service.

A Maos la ligne est raccordée au chemin de fer de l'Etat.

Le passage se fait pour la plupart du temps directement sans transbordement grâce à l'identité des voies.

Tarif des voyageurs. — Il y a trois classes de voyageurs; dans la première et la deuxième classe tout le monde peut prendre place, tandis que la troisième sert seulement aux indigènes.

Le tarif pour la 1re classe est fixé comme suit :

Droit fixe, jusqu'à 10 *km*	0,53 *f*
Droit fixe au-dessus de 10 *km*.	1,05
Et pour chaque kilomètre en sus . . .	0,06

Le tarif pour la 2e classe est fixé pour chaque kilomètre à 0,04 *f* et celui des indigènes à 0,02 *f*.

Tarif des marchandises. — Colis, les 100 *kg* :

Droit fixe, 0,63 *f* et 0,02 *f* pour chaque kilomètre en sus.

Charge complète de wagon de 8 000 *kg* :

Droit fixe jusqu'à 20 *km*	12,60 *f*
— au-dessus de 20 *km*	25,20 *f*

Il est, en outre, perçu pour chaque kilomètre :

Pour la première distance de 25 *km* . . .	1,68 *f*
— deuxième — de 25 *km* . . .	1,58 *f*
— troisième — de 25 *km* . . .	1,28 *f*
— quatrième — de 25 *km* . . .	1,05 *f*

On obtient le prix du transport pour chaque classe de marchandises en multipliant le port total obtenu d'après le calcul ci-dessus, par un coefficient fixé pour chaque classe et variant de 1 à 0,15.

Voici un tableau donnant un résumé des dépenses d'exploitation pour l'année 1897 :

Dépense kilométrique en 1899.

	ANNUELLE	PAR JOUR	PAR TRAIN
Frais généraux. . . . . . . Fr.	1,011	2,77	0.44
Entretien et renouvellement. . .	0,398	1,09	0,17
Traction.	0,982	2,69	0,42
Exploitation	0,306	0,84	0,13
TOTAL . . . . Fr.	2,697	7,39	1,16

De même, voici quelques chiffres concernant les recettes. En 1899 la recette brute kilométrique a été :

Pour l'année.	6,533 *f*
Par jour.	17,90 *f*
Par train.	2,83 *f*

SITUATION FINANCIÈRE.

Les frais moyens de construction par kilomètre se sont élevés à 48 930 *f*, non compris les frais d'achat du matériel roulant et de l'inventaire, ni ceux des concessions et des opérations financières.

L'intérêt du capital de construction n'est compris dans les chiffres cités ci-dessus que pour ce qui concerne les emprunts (obligations).

Le capital-actions est de 3 150 000 *f*. Le montant des obligations est de 2 079 000 *f*, le tout au 1er janvier 1900.

Ce n'est que dans le mois de mai 1898 que la ligne entière a été achevée, de sorte qu'on ne peut donner des renseignements pour ce qui concerne les résultats financiers; les sections déjà mises en exploitation auparavant ont donné des résultats très satisfaisants.

Le dividende distribué pour l'exercice de 1899 est de 4 0/0, celui pour 1900 de 5 0/0.

Tramway à vapeur Samarang-Chéribon (Java).

L'initiative privée a encore ici été la cause première de la création de cette ligne.

L'État a payé une seule fois une somme de 315 000 *f* à titre d'indemnité pour le transport de la poste. La longueur de la ligne, entièrement à voie unique, est de 267 *km* au 1er janvier 1900.

But de la ligne. — Le but principal visé par la construction de cette ligne, outre la création d'un meilleur moyen d'exportation pour les nombreuses fabriques de sucre situées le long de la côte septentrionale de Java, entre Cheribon et Samarang, était le développement général du trafic le long de cette côte, notamment entre les villes de Samarang, Pékalongan, Tegal et Chéribon. Les résultats obtenus donnent pleine satisfaction.

Études. — Projets.

La concession accordée se rapportait à un chemin de fer; c'est après un examen du terrain qu'on a modifié les avant-projets de manière à les faire servir de base pour les projets du tramway.

En général on avait projeté le plus souvent l'axe de la ligne à côté de la grande route; pour le tramway l'axe a été replacé sur la route même.

Des études spéciales du terrain ont été nécessitées pour les divers travaux d'art importants et pour les parties situées en terrain très accidenté.

Les opérations géodésiques en terrain très accidenté s'effectuaient au moyen de tachéomètres.

Les prescriptions suivantes ont été imposées au personnel chargé de l'exécution des projets définitifs.

Le tramway devait être, autant que possible, établi sur les chemins existants, en évitant les déclivités au dessus de 10 *mm* par mètre et les courbes d'un rayon de moins de 200 *m*.

On prenait toujours pour principe de construire d'une manière simple, économique, sans luxe, mais solide, et en visant une exploitation elle-même économique, mais commode.

En vue de l'avenir on devait tenir compte d'extensions ultérieures possibles, aussi bien que d'une transformation éventuelle du tramway en chemin de fer secondaire, opération visée par la concession.

Les grandes gares et les grands travaux d'art ont été construits de façon à pouvoir être prêts dans le cas où s'opérerait cette transformation.

En pratique, on a dû réduire les rayons des courbes à un minimum de 150 *m*, afin d'éviter des frais élevés de construction ou d'expropriation. De même pour certains embranchements et quelques gares, en pays très peuplés, on a dû employer des courbes plus raides ou des déclivités plus fortes qu'on ne l'aurait voulu d'après le programme fixé.

Construction.

La construction a été faite d'après l'exemple du tramway à vapeur Samarang-Joana. Par suite de la longueur considérable de la ligne, on a dû tenir compte de l'éventualité d'augmenter la vitesse de marche jusqu'à 40 *km* à l'heure sur quelques sections de ligne.

En vue d'un raccordement ultérieur éventuel avec le chemin de fer de l'État, la ligne a été construite de manière que les wagons de l'État puissent circuler sur les voies du tramway.

Les transports préexistants s'opéraient à l'aide de charrettes à chevaux ou à buffles et de pirogues par mer.

L'importation des matériaux qu'on ne pouvait se procurer sur place, eut lieu par les ports de Samarang, Pékalongan, Tegal et Chéribon ; de là on les transportait au moyen de charrettes à buffles, et aussitôt que possible on profitait du transport par voie ferrée, pour supprimer ce moyen rudimentaire.

Le recrutement d'artisans et de coolies se faisait facilement dans les contrées voisines. Cependant le montage des ponts métalliques s'effectuait à l'aide de monteurs envoyés d'Europe.

Ouvrages d'art.

Un grand nombre de grands et petits travaux d'art ont été nécessités par suite des conditions topographiques de la contrée traversée.

Quand le tramway suivait les routes ordinaires on a pu souvent utiliser les petits travaux d'art existants, sans modifications ou avec quelques renforcements.

Lorsque de nouveaux travaux d'art étaient nécessaires, on a établi pour les petits cours d'eau des conduits ouverts, des ponceaux, des tuyaux en maçonnerie ou métalliques et aussi, çà et là, des siphons.

Il n'a pas été construit de grands ponts en maçonnerie.

Les petits ponts métalliques sont en poutrelles simples ou doubles; les ponts en tôle pleine ont été employés pour les travées allant jusqu'à 12 *m*. Les ponts à travées de 15 à 50 *m* sont en treillis.

Généralement on a construit des ponts d'une seule travée; quand c'était impossible on a établi des piles posées autant que possible sur les berges élevées des rivières.

On a également fait usage de palées métalliques, mais seulement pour traverser les rivières où ne se présentent pas de crues subites (banjirs).

Les matériaux pour la construction, comme les galets (pour maçonnerie grossière), les briques, le gravier, le sable, le ciment rouge (briques indigènes broyées), la chaux, etc., pouvaient être obtenus tous sur place ou dans le voisinage, ainsi que le bois djatti, employé pour tous les travaux permanents.

Pour les travaux temporaires on employait le bois de cocotier ou le bambou.

Les pierres de taille servant aux piles ou culées des ponts, les pavés et le ciment genre Portland, ont été amenés d'Europe, ces matériaux n'existant pas à Java.

Voie.

L'écartement est de 1,067 *m* entre rails.

La pente maxima est de 10 *mm* par mètre.

Les rayons minima des courbes sont de 150 *m* pour la voie principale, et de 70 *m* pour les raccordements industriels et les embranchements; le rail est du type A *(fig. 1)* vu précédemment à propos du tramways à vapeur Samarang-Joana. Son poids est de 25,7 *kg* par mètre courant.

La longueur normale des barres est de 10,20 *m*.

Les traverses sont en bois djatti et ont les dimensions suivantes : longueur 2 *m*, largeur 0,22 *m* et épaisseur 0,12 *m*.

Leur poids est de 42 *kg* au moins.

Il y a douze traverses par 10,20 *m* de voie.

Les éclisses sont en porte-à-faux, l'éclissage s'opère au moyen de deux éclisses et de quatre boulons, (voyez type A, *fig. 1*).

La longueur des éclisses extérieures est de 0,54 *m*, leur poids de 5,84 *kg*; la longueur des éclisses intérieures est de 0,47 *m* avec un poids de 5,23 *kg* la pièce.

Main-d'œuvre. — Surveillance.

D'ordinaire, les indigènes sont très intelligents et dociles, ils peuvent être exercés en peu de temps.

Pour ce qui concerne la surveillance, elle fut exercée par un chef de construction et des conducteurs, piqueurs et contremaîtres indigènes (mandours).

Le chef de construction venait d'Europe, les conducteurs et les piqueurs étaient choisis parmi les Européens ou Indo-Européens sur place, tandis que les mandours étaient de race javanaise.

La construction des lignes a été faite, la plupart du temps, en régie, à l'aide d'artisans et d'ouvriers libres (coolies).

La pose de la voie dans quelques sections, et divers travaux de terrassement, ont été concédés par soumission à des Chinois ou à des indigènes, qui travaillaient aussi à l'aide d'ouvriers libres.

En cas de travaux urgents on allouait des primes, le travail étant soumissionné avec la condition de l'achever à une date fixée d'avance.

Le paiement s'opérait par des payeurs, sur des mandats, états de salaire ou bons pour les matériaux fournis, etc., tous signés d'accord par les fonctionnaires de la surveillance et contresignés par les chefs.

Le paiement aux coolies se faisait toujours personnellement et à eux-mêmes.

La Compagnie du tramway n'avait pas besoin de s'occuper du logement ni de la nourriture des ouvriers parce qu'ils les trouvaient facilement eux-mêmes dans une semblable région.

Elle a dû cependant construire des habitations convenables pour le personnel de la surveillance, lesquelles, après l'achèvement de la ligne, étaient occupées par les fonctionnaires de l'exploitation.

Traction. — Matériel roulant.

Il y a deux sortes de locomotives, fournies par deux fabricants différents et ayant toutes deux un poids de 16 *t* en ordre de marche.

Leur empattement rigide est respectivement de 2,100 *m* et de 2,348 *m*.

La charge est répartie aussi également que possible sur les deux essieux couplés.

Sur les lignes de plaine, ces locomotives remorquent une charge maxima de 15 wagons à marchandises avec une charge utile de 8 *t* chacun.

Le combustible employé est le charbon et le bois djatti fendu.

Les wagons ordinaires à marchandises ont une capacité de 6 et de 8 *t*.

L'empattement rigide des wagons à capacité de 6 *t* est de 2,20 *m*; celui des wagons à capacité de 8 *t* est de 3 *m*.

A l'exception des planchers et des boiseries, ces wagons sont entièrement métalliques.

Les wagons à caisses dont les portes peuvent se fermer à clef, ont une couverture en tôle ondulée galvanisée. Les autres wagons ont des éparts métalliques et les bords latéraux en bois qui se rabattent.

D'autres wagons à capacité de 16 *t* ont deux trucks à deux

essieux chacun. La distance entre les axes des trucks est de 6 *m*.

Les nouvelles voitures à voyageurs ont aussi deux trucks à deux essieux chacun et la distance entre les axes des trucks est de 5,71 *m* ou de 6 *m*. Les voitures d'une construction antérieure ont deux essieux avec un empattement rigide de 3,5 *m*.

Ces voitures ont des châssis en fer et des caisses tout en bois couvertes d'un plafond en bois et d'une couverture surhaussée en tôle ondulée galvanisée entre lesquels l'air peut circuler librement.

Les baies des parois peuvent se fermer au moyen de glaces ou de jalousies.

Exploitation.

Le 16 septembre 1895, la Compagnie a acheté le Chemin de fer secondaire Tegal-Balapoulang, long de 25 *km*. Avec autorisation du Gouvernement, ce chemin de fer a été déclassé et est exploité actuellement comme tramway à vapeur embranchant à Tegal, sur la ligne nouvelle, Samarang-Chéribon.

Les premiers nouveaux tronçons ont été mis en exploitation en mai 1897, le dernier le 1er février 1899.

Depuis l'exploitation entière de la ligne principale, il circule journellement un train direct dans les deux sens entre les points extrêmes Samarang-Chéribon; en outre, il circule un train entre Samarang et Pékalongan, un entre Tegal et Chéribon et deux trains entre Pékalongan et Tegal dans les deux sens.

En dehors de cela, plusieurs parties de la ligne sont encore parcourues par quatre trains et moins, et sur l'embranchement Tegal-Balapoulang trois trains dans les deux sens.

En moyenne, les trains se composent de deux voitures et de quatre wagons. En 1899, le nombre d'essieux par train était de 17.

Afin d'assurer la sécurité et la régularité du service, on a relié les quatre stations principales (Samarang, Pékalongan, Tegal et Chéribon) par le télégraphe; les autres haltes sont reliées avec les stations principales par le téléphone.

Dans les villes de Samarang, Tegal et Chéribon il existe des embranchements se rendant aux ports où le transbordement se fait dans des pirogues, parce que les navires doivent charger et décharger plus loin dans la rade.

Tarifs.

Tarif de voyageurs :

1[re] classe, droit fixe, 1,05 *f*, et, en outre, pour chaque kilomètre, 0,06 *f*; 2[e] classe : par kilomètre, 0,04 *f*; 3[e] classe : pour indigènes par kilomètre, 0,02 *f*.

Tarif de marchandises :

a) Colis, les 50 *kg*.

Le transport se fait à petite vitesse et à grande vitesse.

Le port pour les marchandises à petite vitesse est, en général, le même que pour wagons complets (voir plus loin) augmenté de 15,2 0/0.

Le port pour marchandises à grande vitesse est de 50 0/0 plus élevé que celui des marchandises à petite vitesse.

b) Charges complètes de wagons de 8 000 *kg*.

1	jusque et y compris	5 *km*	10,50 *f*	par kilomètre.
6	—	25	2,10	—
26	—	50	1,68	—
51	—	75	1,26	—
76	—	100	0,84	—
101	—	150	0,63	—
151	—	200	0,42	—
Au-dessus de		200	0,32	—

Le transport par wagons complets peut s'effectuer aussi à grande vitesse. Le tarif d'une pareille charge de wagon est d'une fois et demie celui de la marchandises à petite vitesse.

On obtient le port pour colis et charges complètes de wagon en multipliant le port, obtenu d'après le calcul indiqué ci-dessus, par un coefficient fixé pour chaque classe de marchandises et variant pour colis de 1 à 0,3 et pour charges de wagon de 0,9 à 0,15.

Recettes.

En 1899, la recette brute kilométrique a été :

Pour l'année	Fr.	5,712
Par jour.		15,66
Par train		2,38

Dépenses.

En 1899, la dépense kilométrique a été la suivante :

	PAR AN	PAR JOUR	PAR TRAIN
Frais généraux . . . . . . Fr.	602	1,65	0,25
Entretien et renouvellement . .	613	1,68	0,25
Traction, dépôts	913	2,50	0,38
Exploitation.	496	1,36	0,21
TOTAUX . . . . . . Fr.	2 624	1,97	1,09

Au 1er janvier 1900, le capital-actions placé était de 8 400 000 *f* et le montant des obligations en circulation de 9 450 000 *f*.

Les résultats financiers des lignes en exploitation donnent pleine satisfaction.

En moyenne il a été construit 80 *km* de ligne par an.

SITUATION FINANCIÈRE.

Les frais moyens de construction ont été de 50 400 *f* par kilomètre de voie, non compris les frais d'achat du matériel roulant et de l'inventaire, ni les frais d'achat de la concession et les frais des opérations financières. L'intérêt du capital de construction n'est compris dans le chiffre ci-dessus que pour ce qui concerne les emprunts (obligations).

RÉSUMÉ.

Pour terminer, nous donnons ci-dessous un tableau résumé des chemins de fer et tramways aux Indes Néerlandaises avec les données principales les concernant.

Les Chemins de fer et les Tramways à vapeur à Java, Madoura et Sumatra, en 1900 (*).

Statistique du département des Travaux publics à Batavia, résumée par Y. W. Post, ancien Ingénieur de 1re classe des chemins de fer de l'État aux Indes néerlandaises.

Nos	OBJET	UNITÉ	CHEMINS DE FER	TRAMWAYS à vapeur
1	Compagnies au 1er janvier 1901. . . .	nombre	2 (et l'État)	16
2	Longueur —	kilomètres	2 228	1 485 (*a*)
	dont à double voie	»	26 1/2	8
	et, en outre, à triple voie. .	»	2 1/2	—
3	— moyenne exploitée	»	2 171 (*b*)	1 326 (*c*)
4	— des lignes à écartement de 1,067 *m* au 1er janvier 1901	»	2 023	1 437
5	Locomotives au 1er janvier 1901, par 10 km exploités.	pièces	1,9	1,8 (*d*)
6	Voitures — —	»	4,3	2,8
7	Wagons divers — —	»	24,8 (*e*)	12,1 (*f*)
8	Capital de construction au 1er janvier 1901, total	millions de fr.	376	109 (*g*)
	— par kilomètre	milliers de fr.	170	(*g*)
9	Recette brute kilométrique :			
	Voyageurs.	francs	5 603	3 314
	Marchandises, bagages et divers . .	»	12 249	3 440
	Recette brute kilométrique annuelle . .	»	17 852	6 754
10	— — par jour . .	»	48,91	18,50
11	— — par train. .	»	3,97	1,64
12	— par voyageur et par kilom.	centimes	3,15	2,16
13	— par tonne de march. —	»	9,45	11,97

(*) Concernant 1899, voyez *Bulletin des Congrès* d'avril 1901, page 200.

(*a*) Il y a, en outre, à Sumatra un tramway à écartement de 0,75 *m* d'environ 150 *km*, exploité par le département de la Guerre, et à Java et Sumatra quelques centaines de kilomètres de tramways privés (agriculture, forêts); les données concernant ces tramways stratégiques et privés ne figurent pas dans le tableau.

(*b*) 1 863 *km* appartiennent à et sont exploités par l'Etat (Java : 1 653 *km*, et Sumatra 210 *km*).

(*c*) 14 *km* exploités à « vapeur sans foyer », et 14 *km* à traction électrique ; le reste, à locomotives à vapeur.

(*d*) Soit 252 locomotives à vapeur et 22 voitures automotrices électriques.

(*e*) La capacité varie de 8 à 20 *t*.

(*f*) La capacité varie de 5 à 16 *t*.

(*g*) Il y a plusieurs tramways en construction, de sorte que le capital de construction des lignes exploitées ne peut être fixé qu'approximativement ; le coût par kilomètre est d'environ le tiers de celui des chemins de fer.

Nos	OBJET	UNITÉ	CHEMINS DE FER	TRAMWAYS à vapeur
14	Dépense kilométrique :			
	A Frais généraux, etc.	francs	1 321	718
	B Voies et travaux	»	1 535 (*h*)	760
	C Traction et ateliers.	»	3 704	1 447
	D Exploitation proprement dite . .	»	2 073	578
	E Renouvellements.	»	449 (*i*)	(*k*)
	Dépense kilométrique annuelle	»	9 082	3 503
15	— — par jour	»	24,88	9,60
16	— — par train. . . .	»	2,02	0,84
17	Combustible consommé en 1900 par train-kilom.	centimes	28,77	—
	— — —	kilogrammes	9 (*l*)	6,2(*m*)
18	Trains-kilomètres.	millions	9,8	5,7
19	Voyageurs transportés	»	16,3	20,8
20	Distance moyenne de transport des voyageurs. . .	kilomètres	27	9,2
21	Marchandises payantes transportées . .	millions de t.	2,5	0,9
22	Distance moyenne de transport des marchandises. .	kilomètres	97	39,2
23	Densité du trafic des voyageurs. . . .	(*n*)	556	408
24	— — des marchandises . .	(*p*)	309	80
25	— — des essieux	(*q*)	280	153
26	Bénéfice net	millions de fr.	18,9	4,1
27	Rapport entre le bénéfice net d'exploitation et la recette brute.	»	49 0/0	48 0/0
28	Rapport entre le bénéfice net d'exploitation et le capital de construction . .	»	5 0/0	(*r*)

(*h*) La dépense kilométrique annuelle des « Voies et travaux » n'est que de 962 *f* au chemin de fer de l'Etat de Sumatra (traverses d'acier).

(*i*) La dépense kilométrique annuelle des « Renouvellements » n'est que de 3 *f* au chemin de fer de l'Etat de Sumatra (traverses d'acier).

(*k*) Pour les tramways les dépenses A, B, C et D comprennent les frais de renouvellement.

(*l*) Total 96 692 *t*; dont 60 454 *t* de charbon des Indes néerl. et 8 561 *t*. de bois.

(*m*) Total 15 494 *t* de charbon, 16 006 *t* de bois et 3 593 *t* de résidu de pétrole.

(*n*) La « densité-voyageurs » s'obtient en divisant le nombre de voyageurs-kilomètres par le nombre de jours-kilomètres et représente donc le nombre de voyageurs qui, en moyenne, passent chaque jour sur chaque kilomètre.

(*p*) La « densité-marchandises » s'obtient en divisant le nombre de tonnes-kilomètres par le nombre de jours-kilomètres et représente donc le nombre de tonnes de marchandises diverses qui, en moyenne, passent chaque jour sur chaque kilomètre.

(*q*) La « densité-essieux » s'obtient en divisant le nombre d'essieux-kilomètres par le nombre de jours-kilomètres et représente donc le nombre d'essieux qui, en moyenne, passent chaque jour sur chaque kilomètre.

(*r*) Ce rapport ne peut être établi qu'approximativement, voyez note (*g*). Les dividendes payés pour l'exercice 1900 varient de 0 à 12 0/0.

LES

CHEMINS DE FER ÉLECTRIQUES

PAR

M. Léon GERARD

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ BELGE D'ÉLECTRICIENS (1).

Le Public, et ce grand levier si utile au Progrès que l'on appelle la Presse, le Public, lorsqu'il entend parler de chemins de fer électriques, a une tendance invétérée à s'imaginer que l'adoption de l'électricité en matière de traction a pour but direct et unique l'augmentation de la vitesse, et il ne manque pas de ces bons esprits, trop connus, pour soulever immédiatement la question de savoir s'il y a lieu d'aller vraiment plus vite, et s'il est réellement souhaitable d'obtenir une vitesse de 180 ou 200 *km* en Railway. Bref, inévitablement, la grosse question se pose : à quoi bon mettre l'électricité en tout ceci? Est-il utile qu'un tel Progrès se réalise ?

L'Avenir nous répondra, en ce qui concerne les grandes vitesses et, pour le Présent, rien n'est à notre sens si inexact que de représenter l'adoption de l'électricité dans l'industrie des chemins de fer comme un simple élément d'augmentation de

(1) Nous reproduisons ci-dessous les paroles fort aimables que M. L. Gerard a bien voulu prononcer en commençant sa conférence :

« MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES,

» Je tiens à remercier notre Collègue, M. Chevalier, qui a bien voulu me céder son tour de parole ce soir, pour me permettre, étant de passage à Paris, de vous communiquer, non pas le résultat de recherches personnelles, mais un ensemble de notes rassemblées par moi sur une question assez intéressante, je l'espère, pour faire excuser l'indiscrétion dont je me suis rendu coupable, en provoquant la modification de votre ordre du jour. En agissant ainsi, mes chers Camarades, j'ai escompté les effets de cet esprit de bonne et amicale confraternité qui existe entre les corporations des Ingénieurs Belges et la Société des Ingénieurs Civils de France, Société au milieu de laquelle nous nous sommes toujours si bien trouvés chez nous, grâce à vos hospitalières allures, que nous ne pouvons rien mieux souhaiter que d'avoir l'occasion de vous réserver pareil accueil quand vous venez en Belgique.

« Je ne viens pas, vous disais-je, parler d'un système qui me soit personnel, ni soutenir devant vous une thèse *pro domo mea;* la seule part dans ce travail qui me soit individuelle, est fournie par les tableaux synoptiques qui vous ont été remis, et qui constituent une classification proposée à titre d'essai dans un sujet qui, en dépit de sa nouveauté, est déjà si touffu, qu'il est nécessaire de s'y orienter pour bien juger les choses et qu'il est utile de se servir d'un fil conducteur pour le parcourir : ce guide est celui que je vous remets en main, comme un essai de classification. »

vitesse, et de voir le facteur vitesse représenté et discuté comme le progrès primordial et unique à atteindre en cette matière avant toute autre. Certes, le facteur vitesse est un intéressant corollaire des modifications profondes qui seront apportées par l'électricité en matière d'exploitation des chemins de fer; mais, à notre sens, et nous serons heureux de voir la question discutée ici, ce n'est point là le seul et unique côté intéressant de la question, et tel n'est pas le progrès principal qu'il y a lieu d'attendre de l'application de l'électricité aux chemins de fer.

Nous pensons que ce n'est pas le simple plaisir d'une modification d'horaire, ce n'est pas le simple avantage de la vitesse qui est le facteur principal en cause. Comme dans tous les progrès industriels, le facteur essentiel est le facteur économique; c'est, pensons-nous, le facteur bon marché, et immédiatement après ce facteur, le confort du voyageur, et les facilités d'exploitation qui sont les avantages essentiels et précieux à provenir de l'électricité. Au point de vue du confort, la facilité de pénétration des lignes électriques jusqu'au cœur des villes, la dimension des voitures, leur luxe, leur propreté, leur chauffage et leur éclairage ne sont pas les moindres avantages à considérer.

Comme dans tout sujet classiquement ordonné, nous diviserons l'examen de cette question en trois parties. Dans la première, nous envisagerons, très sommairement, les avantages théoriques et pratiques d'exploitation qu'il y a lieu d'attendre de l'électricité; dans les deux suivantes, nous examinerons comment ces avantages sont actuellement réalisés, comment ils sont appliqués, quels sont les procédés qui sont, non pas simplement proposés, mais ceux qui ont obtenu une sanction suffisante de la pratique pour les considérer comme acquis à la science de l'Ingénieur; nous examinerons d'abord les dispositifs spéciaux proposés pour l'infrastructure; puis, nous examinerons les dispositifs propres aux prises de courant et les procédés de distribution de l'électricité aux moteurs et aux véhicules. La division que nous proposons est justifiée par cette considération que, lorsqu'on discute cette épineuse question de la traction électrique, on voit apparaître souvent, dans la discussion des procédés, des objections à des systèmes absolument particuliers présentant des dispositions spéciales aux applications considérées, dispositifs, souvent nécessités par des raisons exclusivement locales. Si l'on discute l'économie d'établissement d'un chemin de fer électrique, par exemple celui de Chicago, et si l'on discute le

montant du capital engagé dans cette affaire, les esprits amoureux du Passé ne manquent pas d'objecter l'énormité du capital sans réfléchir à ceci : que la plus grosse partie de ce capital est représentée par l'exécution des travaux de Génie civil qui n'ont rien à voir avec la nature du procédé de traction électrique ; ces travaux sont rendus possibles par l'électricité, mais les dépenses qui en résultent ne sont pas causées du chef de l'électricité. Tel est donc le but de la classification que nous proposons : décomposer en leurs différents éléments les chemins de fer électriques.

PREMIÈRE PARTIE

CONDITIONS GÉNÉRALES

Ceci dit, examinons d'abord, diagrammes en main, les conditions théoriques d'économie et d'exploitation. Le développement du sujet et la briéveté forcée de certains arguments, nous forcent à laisser le soin à nos Collègues français de les détailler lors de vos discussions futures.

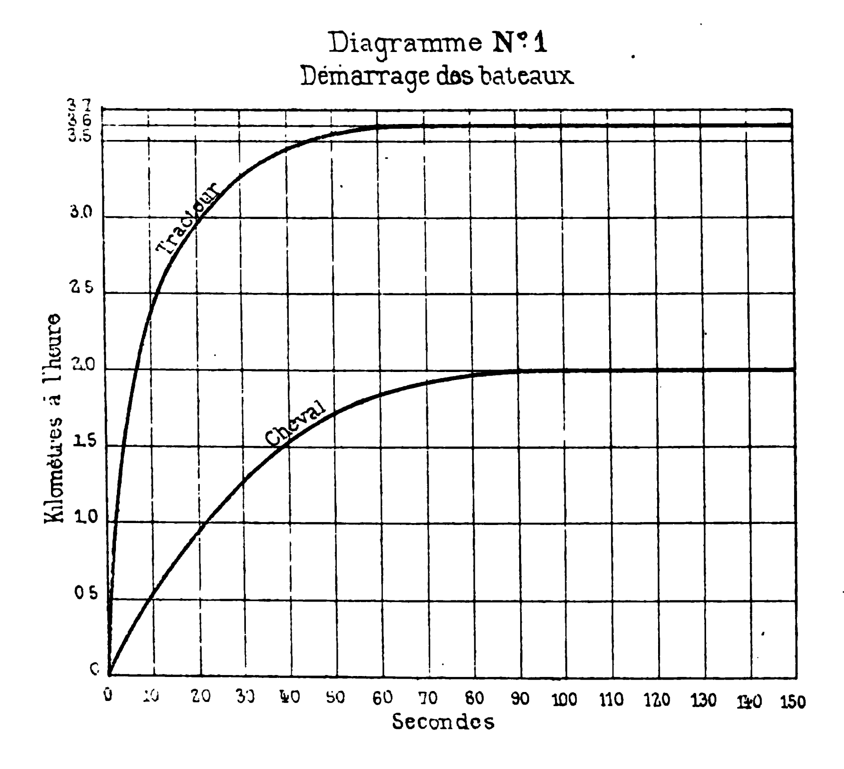
A ne considérer la question qu'au point de vue purement théorique, et en quelque sorte philosophique, il n'y aurait guère lieu d'hésiter entre les deux procédés d'exploitation à vapeur ou électrique.

Dans le premier, chaque moteur, si léger soit-il, traine avec lui sa chaudière, son foyer, sa cheminée et, de plus, remorque son combustible et son eau d'alimentation. Un tel schéma suppose, sur une ligne fréquentée, telle, par exemple, la ligne Paris-Marseille, l'espacement, à quelques kilomètres de distance, d'unités mécaniques de 500 à 600 *ch*, transportant avec elles tous leurs impédimenta individuels. C'est le schéma « vapeur ».

Dans le second, toute la force motrice est produite par une usine centrale où la totalité de la puissance, produite par des moteurs les plus perfectionnés, consommant le minimum de combustible, est transformée en électricité, transmise par des fils jusqu'aux moteurs remplaçant les locomotives et anime ces moteurs légers, seules parties mobiles du système, dont les actions n'interviennent, pour utiliser la force et dépenser l'énergie, que dans les conditions les plus économiques, et exclu-

sivement au moment précis ou cette dépense est utile. C'est le schéma « électricité ».

Certes, l'avantage théorique de l'électricité est évident, mais comme dans toutes les questions d'application, il n'est pas en cette matière de solution universelle, et il ne peut s'agir d'application intégrale et immédiate; il est plus que probable que la valeur considérable (plus d'un milliard sans doute) du matériel roulant européen empêchera que cette modification économique s'accomplisse rapidement, et tout d'une fois. Il y aura fatalement, du fait du capital engagé, une longue période transitoire, quels que soient, du reste, les avantages de l'électricité; il n'est



donc pas sans intérêt d'examiner les probabilités de cette évolution progressive et de tâcher d'en deviner les phases et les causes évolutives.

Pour bien prévoir ces phases, il faudrait connaître parfaitement les avantages, non théoriques et généraux, mais techniques et pratiques, des divers procédés électriques. Tentons de faire rapidement cet examen.

L'Électricité se prévaut : d'abord, de l'avantage résultant de la vitesse de démarrage; et, en effet, la locomotive électrique démarre dans un temps extraordinairement court. Comme d'autre part, elle possède des moyens de freinage d'autant plus énergiques qu'ils sont multiples, on obtient la mise en route et l'arrêt dans le tiers, ou même dans le cinquième du temps habituellement employé par la vapeur.

Dans le diagramme ci-dessus *(fig. 1)* relatif à deux cas de démarrage, les abcisses représentent les temps et les ordonnées, les vitesses en kilomètres à l'heure. Cet exemple est emprunté à l'industrie du halage. La comparaison en est faite entre un moteur animé, le cheval et un moteur électrique, appliqués successivement au même bateau.

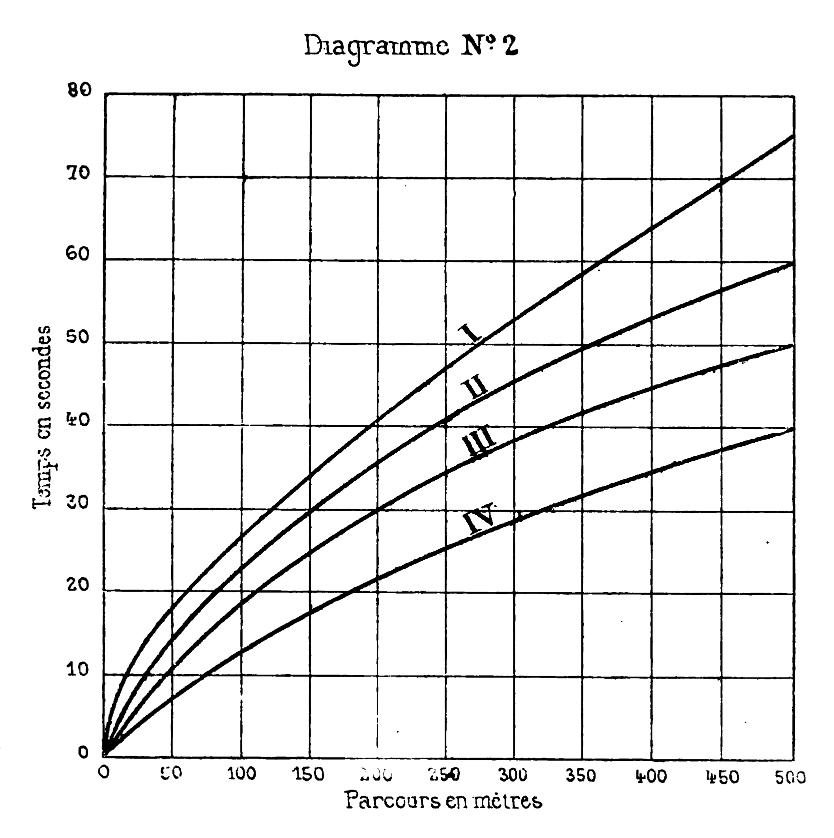
Le diagramme montre qu'au bout de 80 secondes une vitesse de 2 *km* est atteinte par le cheval et que cette vitesse est obtenue en 8 secondes avec l'électricité. En d'autres termes, l'électricité représente une puissance telle, sous un volume réduit, qu'elle produit la mise en train du mobile en un temps qui est dix fois moindre, et de plus, elle permet de dépasser la vitesse primitive en la doublant presque.

Toutefois, il ne s'agit pas, dans l'exemple choisi, d'exploitation de chemin de fer. Voyons ce qui se passe sur rails. Prenons, à titre d'exemple, les essais faits en Amérique sur le Manhattan Elevated, qui sillonne New-York de lignes électriques, après avoir été primitivement exploité à la vapeur, et fournit les quatre données expérimentales comparatives que voici *(fig. 2)* : le diagramme I est relatif à un train remorqué par une locomotive à vapeur; le II à une voiture automotrice à vapeur; le III à une locomotive électrique remorquant un train et le IV à des voitures automotrices en unités multiples, actionnées électriquement. Ce diagramme nous montre la puissance et la vitesse de démarrage considérables des appareils électriques, puisque, pour obtenir la vitesse de 30 *km* à l'heure, pratiquée autrefois par les locomotives à vapeur, il faut 45 secondes pour obtenir la vitesse de régime, avec la vapeur, et qu'il n'en faut que 6 ou 8 avec l'électricité, suivant qu'il s'agit de trains remorqués ou de voitures automotrices.

Nous pourrions multiplier ces exemples, emprunter au Métropolitain de Berlin la comparaison des courbes de démarrage des appareils à vapeur et électriques sur les mêmes voies, vous communiquer nos essais personnels au sujet des appareils de halage

sur rails : tous ces exemples conduisent à des conclusions identiques : l'électricité permet des démarrages très rapides.

Non seulement elle permet des coups de collier même prolongés, comme nous le verrons plus loin, et allant jusqu'au double du travail normal, mais, spécialement au point de vue de l'abréviation du temps de démarrage, elle économise les quatre cinquièmes de la période de mise en train.



I. Train du Manhattan Elevated à vapeur.
II. Voiture de l'Illinois Central à vapeur.
III. Train du Manhattan Elevated électrique.
IV. Voiture automotrice électrique de la General Electric C°.

Voici un exemple des conséquences pratiques et économiques de ce simple fait : de Bruxelles à Welkenraedt (frontière allemande) un train ordinaire met cinq heures ; il fait 47 arrêts sur 140 *km*. Sans même changer la vitesse effective du train, l'emploi de l'électricité permettrait de gagner 1 minute 1/2 par période

d'arrêt, soit donc, au total, 1 heure 1/4 : la durée du trajet se trouverait réduit à 3,45 heures, et le voyageur ne serait pas seul à profiter de la modification du moteur; effectuer, sans augmentation de combustible, un trajet avec un bénéfice de durée de 25 0/0, représente une économie de personnel, d'emploi de matériel, d'amortissement et d'intérêt de 25 0/0; ou bien, si l'on aime mieux, représente un coefficient d'emploi plus favorable de 25 0/0.

A ce point de vue l'électricité a donc des avantages considérables, absolument indépendants de l'emploi des vitesses anormales : elle contribue simplement à une meilleure utilisation du personnel, du matériel et de la ligne, en diminuant la durée des parcours par la rapidité des mises en train.

Examinons maintenant la question au point de vue de la dépense du combustible, que des observateurs superficiels regardent, bien à tort, comme d'importance secondaire. La consommation du combustible des locomotives de l'État belge en 1900, représente 25 millions de francs.

Nous remarquerons, d'abord, que la locomotive brûle en général du combustible plus cher (souvent des briquettes), que la machine fixe de station centrale; celle-ci s'alimente de menus industriels à bas prix, parce qu'elle est placée judicieusement près des centres de production, ou près de canaux, ou bien encore elle puise sa force à des installations hydrauliques dont nous discuterons plus loin les effets économiques.

Toute question de qualité de combustible mise à part, la chaudière de locomotive, à tirage forcé, vaporise à peine 6,5 *kg* d'eau par kilogramme de charbon. A allure lente, les locomotives de marchandises vaporisent 7 *kg*; à allure vive, la locomotive voyageur vaporise 5,5 *kg*.

Or la chaudière fixe vaporise de 7,5 à 9 *kg*.

D'autre part, la locomotive consomme de 8,5 à 20 *kg* de vapeur par cheval à la jante. Nous prouverons plus loin que la locomotive électrique, toute perte en ligne et en transformation déduite, consomme de 8 à 10 *kg* de vapeur par cheval à la jante.

Si cette affirmation était prouvée, en prenant les chiffres moyens de comparaison, on obtiendrait les prix du combustible dépensé par cheval à la jante, de 0,033 *f* pour la vapeur, et de 0,017 *f* pour l'électricité.

Ces prix sont basés sur les hypothèses suivantes :

	Vapeur.	Électricité.
	—	—
Prix du charbon briquette ou menu industriel	18 *f* la tonne	15 *f*.
Vaporisation par kilogr. de charbon . . .	6,5 *kg*	8 *kg*.
Consommation de vapeur par cheval (moyenne).	12 *kg*	9 *kg*.

Ainsi donc, avec des prix de charbon élevés, l'économie de dépense combustible serait de près de 50 0/0 (exactement 48 1/2 0/0). Il en serait sensiblement de même au prix des charbons en 1899 qui ont été cette année de 11,20 *f* pour les charbons de locomotive de l'État belge, et de 9 *f* en moyenne pour les charbons industriels (fines).

Cette constatation semble, à première vue, être en contradiction avec les chiffres théoriques des rendements des lignes de transport de force comparées aux meilleures locomotives par exemple à celui de ces admirables locomotives compound, dont l'industrie française a produit de si remarquables exemples à l'Exposition de 1900.

En effet, si nous admettons un rendement de la dynamo de 93 0/0, de 95 0/0 pour les conducteurs primaires, de 97 0/0 pour les transformateurs, 95 0/0 pour la ligne secondaire triphasée, et 91 0/0 pour le moteur triphasé de l'automotrice, le rendement final sera de 74 0/0.

Or, nos bonnes machines fixes, de constructeurs soigneux tels que Vandenkerckhove, Carels ou Bollinckx, atteignent la consommation de 6 *kg* par cheval net effectif, à l'arbre de la dynamo et, parfois, ils descendent au-dessous de ce chiffre.

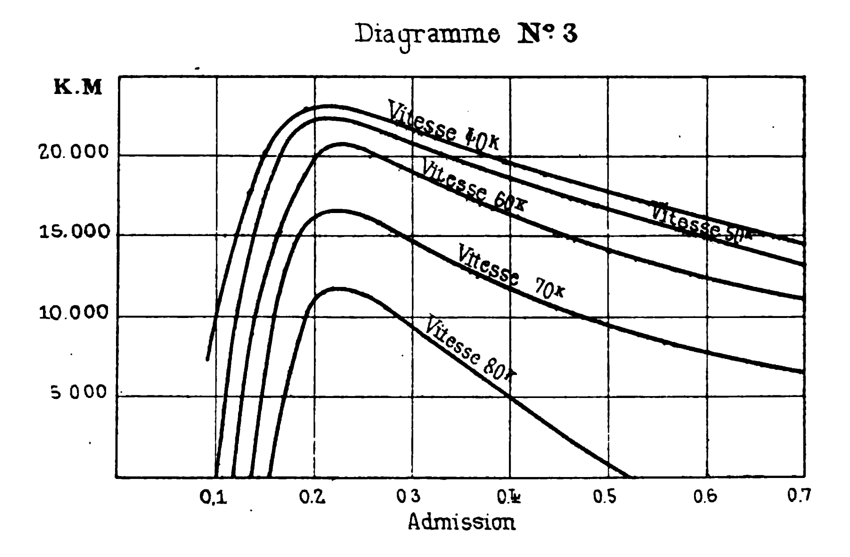
Cela donne $\frac{6}{0,74} = 8,108$ *kg* vapeur par cheval.

Or les compound du Nord français ont donné 8 *kg*; il resterait donc le seul avantage résultant de la consommation d'un combustible de moindre prix.

Ce raisonnement n'est exact qu'en apparence. Il ne s'applique qu'à des machines, très rares encore et très coûteuses, et, même pour celles-ci, cette économie n'est qu'apparente, parce que le chiffre de 8 *kg* n'est réel que pour la locomotive travaillant en palier, à sa vitesse de régime et, cela, dans des conditions *optima* que la variabilité du profil, des charges et des vitesses, ne permet pas de réaliser en pratique avec la locomotive.

Ainsi, par exemple, la surcharge d'une installation électrique de 20 0/0 de sa puissance n'altère que légèrement son rendement économique, et une augmentation de un dixième d'admission à la vitesse de 80 *km* fait passer le rendement en kilogrammètres, du kilogramme de vapeur locomotive, de 10 000 kilogrammètres à 5 000 kilogrammètres, utiles, si la locomotive a été calculée pour un rendement *optimum* à 40 *kg* de vitesse *(fig. 3)* (1).

Diagramme N° 3



A régime forcé, même légèrement, la locomotive consomme 16 *kg* de vapeur. D'autre part, le service à demi-charge d'une installation électrique, pour laquelle nous avons donné les rendements plus haut, serait de 90 0/0 pour la génératrice, de 97 1/2 0/0 pour la ligne primaire, de 95 0/0 pour les transformateurs, de 97 1/2 0/0 pour les conducteurs secondaires et de 87 0/0 pour les moteurs soit un rendement total de 70 0/0.

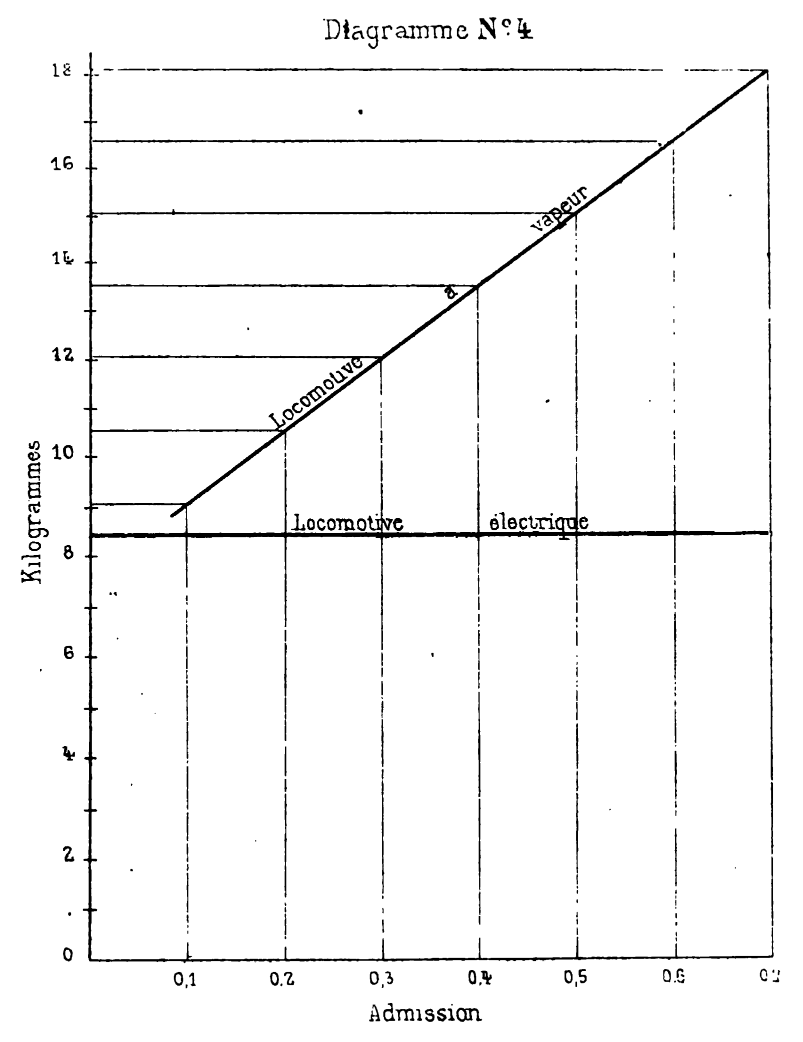
Le rendement est encore de 50 0/0 pour l'installation électrique à un quart de charge seulement. Que deviendraient les chiffres de dépense des locomotives à vapeur dans de telles conditions ?...

La figure 4 donne le diagramme comparatif de la dépense de vapeur pour la locomotive électrique et l'ancienne locomotive à vapeur. Il est établi sur les moyennes de consommation, à diverses

(1) Voir Desdouits, *Expériences sur le rendement des locomotives, faites sur les Chemins de fer de l'État. — Revue Générale des Chemins de fer*, mai 1900 *(fig. 3)*.

admissions pour la vapeur, ou à divers efforts au crochet pour l'électricité.

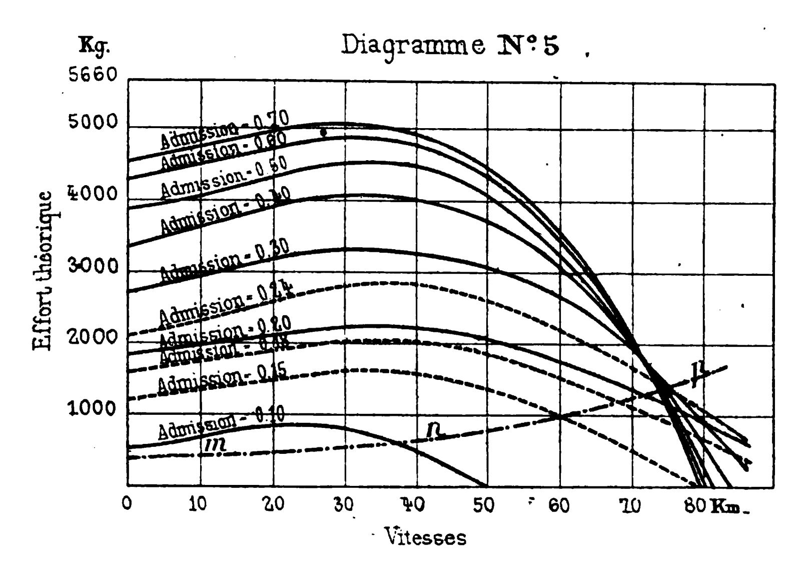
La figure 5, empruntée aux expériences de Desdouits, rend compte de la raison d'être de cette infériorité du moteur à vapeur, puisque pour passer de l'effort au crochet de 2 200 *kg* à un



effort de 4 000 *kg* l'admission de vapeur doit passer de 20 0/0 à 40 0/0 pour la vitesse de 40 *kg*. En revanche, le diagramme montre qu'à 70 *kg* l'effort de traction de la locomotive étudiée est tombé à 1 000 *kg* même à pleine admission de 70 0/0, c'est-à-dire, en dépensant plus de 20 *kg* de vapeur.

En d'autres termes, la locomotive a un rendement *optimum* pour une admission modérée avec tirage non forcé, mais ces conditions ne se rencontrent que d'une manière fortuite et exceptionnelle sur les profils parcourus, et, en pratique, il n'y a aucune comparaison possible entre les rendements mécaniques des deux systèmes, aussitôt que, comme le dit le paysan, la locomotive souffle : l'impression auditive ressentie est bien exacte, l'appareil travaille péniblement et, tout comme les moteurs animés, elle s'excède et son travail coûte cher.

Ces faits ont d'autres conséquences que des conséquences éco-



nomiques : il en résulte que la locomotive actuelle a atteint vers 160 *km* sa limite de puissance et de vitesse. La figure 5 nous donne l'image de la diminution de puissance au crochet en fonction de l'augmentation de vitesse.

La locomotive à vapeur est près d'atteindre cette limite où sa puissance ne suffira qu'à lui imprimer à elle-même une vitesse de 150 à 200 *kg*, suivant le profil de la voie, en ne lui laissant aucune puissance disponible au crochet, pour tirer même un tender.

Les grandes vitesses de 200 *km* à l'heure ne sont donc réalisables que par l'électricité.

Il y a lieu, aussi, de tenir compte du fait que les frottements des bielles d'accouplement et de mouvement qui augmentent rapidement, avec la vitesse, sont notables, même à petite allure.

Au point de vue du frottement, une locomotive avec N essieux couplés, marchant à V (vitesse en kilomètres à l'heure) dépense en kilogrammètres secondes par tonne :

$$T_L = 4\sqrt[2]{N} + 0,002\ V^2$$

tandis que la locomotive électrique dépenserait, dans ces conditions, pour le frottement

$$T_{el} = 1,5 + 0,001\ V^2 \qquad (1)$$

ce qui est l'expression du frottement pour les véhicules ordinaires. Du chef des frottements à 200 *km* de vitesse, le rapport des efforts à faire est plus du double pour le moteur à vapeur que pour un moteur électrique.

Les efforts provenant du chef de la résistance au frottement de l'air sont les mêmes dans les deux systèmes, et croissent dans une proportion énorme avec la vitesse ; la somme des deux efforts, frottement + air, croît dans un rapport tel, que comme l'a démontré Stevart, il y a nombre d'années, la vitesse d'une locomotive limite sa puissance de traction.

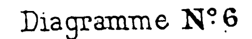
La puissance de la locomotive électrique, au contraire, augmente légèrement avec sa vitesse ; son poids mort pourrait encore être réduit si l'on pouvait rêver l'adoption de vitesses supérieures à 250 *km*.

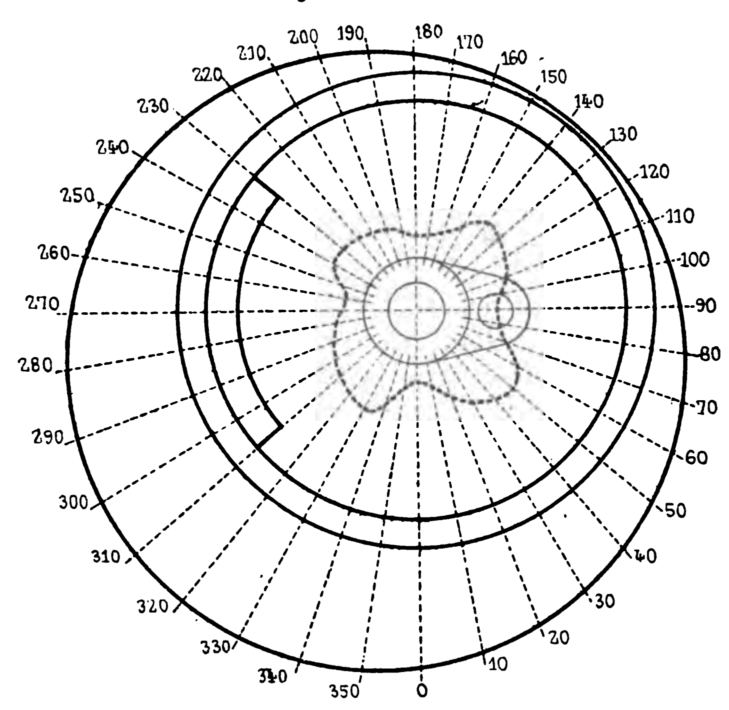
Ainsi donc, en résumé, d'une part, l'emploi de l'électricité à vitesses ordinaires, c'est-à-dire aux vitesses pratiquées actuellement sur nos chemins de fer et tramways, est plus économique que la vapeur sous le rapport de la dépense du combustible ; et, d'autre part, si l'on considère les extra-vitesses, l'électricité est le seul agent, toute question d'économie mise à part, qui permette d'envisager l'exécution pratique des trains à grande vitesse.

Une telle conclusion pourrait sembler hasardée, puisqu'en définitive il semble que, quel que soit le moteur, l'adhérence nécessaire à la propulsion exige un poids déterminé du véhicule moteur. Mais, à ce point de vue encore, la question doit être examinée de près, car la locomotive électrique possède une supériorité considérable sur les appareils à vapeur, quant à l'utilisation du poids mort au profit de l'adhérence.

(1) Voir LEITZMANN. — *Recherches sur les locomotives à quatre cylindres du Nord français.* « *Zeitschrift des Vereines Deutcher Ingenieure* » 1899.

En effet, par le fait de la variation de l'effort moteur, dans l'appareil de détente, par le fait de l'obliquité de la position de la manivelle, l'effort total moteur n'est pas régulier dans la machine à vapeur ; cette variation de l'effort pendant un tour est représentée par le petit diagramme pointillé de la figure 6. Si nous combinons cet effort en coordonnées polaires, avec le poids de la locomotive, nous aurons la réaction verticale utile qui restera disponible pour l'adhérence. On voit que ce tracé n'est pas


Diagramme N° 6



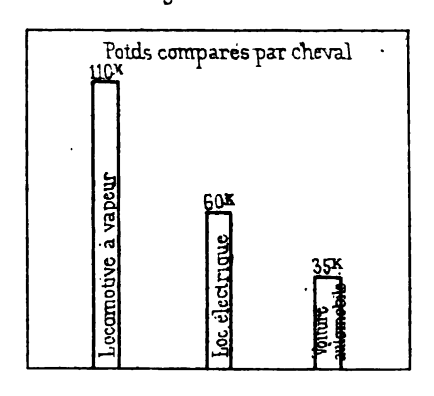
concentrique au cercle à la jante ; il y a une période pour laquelle la réaction utile à l'adhérence est plus petite qu'à un autre moment ; la conséquence de ce fait est le mouvement de galop de la locomotive.

A certains instants, il semble que l'on sente la roue lâcher le rail : c'est là une impression exagérée, mais le mouvement de galop est tel dans ses effets dynamiques que, si l'on compare le poids d'une machine à vapeur à adhérence égale avec celui d'une machine électrique, laquelle ne présente du chef de son mouvement aucune réaction oblique, ou verticale négative, on cons-

tate que l'écart correspond très exactement à la différence de longueur des ordonnées polaires marquées 140 et de celle qui est marquée 320 dans le diagramme n° 6· Il résulte de ce fait que la locomotive électrique peut être, par équation, plus légère de près de 40 0/0 que la locomotive à vapeur, à force égale ou à puissance d'adhérence égale.

Mais ce n'est point tout; les essais nombreux de construction de voitures automotrices à vapeur, à moteur léger, tentés en Allemagne et en Belgique, avec des locomotives faisant partie intégrante de la voiture, ont échoué au point de vue économique. Il n'en eut pas été de même si l'électricité avait été employée : Par essence, le moteur électrique est celui qui se prête le mieux à ce genre de construction de la voiture à voyageurs; la pratique journalière des tramways représente la réussite brillante de la voiture-locomotive légere, dont le moteur, situé sous la banquette du voyageur, emploie utilement tout le poids mort du matériel. La figure 7 représente les poids relatifs d'une locomotive à vapeur remorquant des trains de voyageurs, celui d'une locomotive électrique et, enfin, celui d'une voiture automotrice, le tout rapporté au cheval de puissante à la jante.

Diagramme N° 7



Les poids relatifs sont 110, 60 et 35 *kg*. Il est bien entendu que le diagramme n'est présenté ici que comme un schéma de poids moyen, car nous possédons sur le réseau belge des locomotives à vapeur de poids relatif moindre et, d'autre part, il est des voitures automotrices du poids de 45 *kg*. Une comparaison précise et rigoureuse ne pourrait résulter que de l'examen d'appareils de même vitesse, à même capacité de transport et dans des conditions de solidité égales.

Quoi qu'il en soit, toutes choses égales, d'ailleurs, la voiture automotrice électrique a un poids moyen, par cheval de puissance à la jante, représentant sensiblement le tiers de celui de la locomotive à vapeur ordinaire.

L'emploi des voitures automotrices, si avantageuses sous le rapport du poids mort, semblait limité aux seuls tramways

urbains ou aux exploitations de quelques rares tronçons de chemins de fer à très faible trafic.

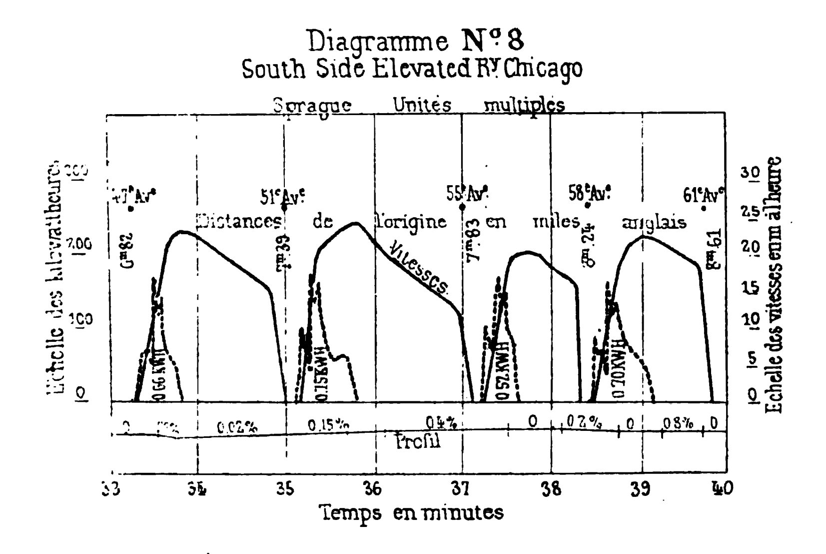
L'invention de Sprague, permettant de composer un train entier de voitures automotrices, dont tous les moteurs sont commandés par un seul *wattman* vint modifier totalement les conditions d'emploi de l'électricité. Le « Multiple Unit System » constitue une des inventions les plus considérables comme conséquences pratiques dans la technique de la traction électrique, puisque, grâce à elle, le rapport du poids total, du mécanisme, machines motrices comprises, à la puissance utile, peut descendre à 35 *kg* par cheval utile à la jante des roues : ce qui représente au moins 60 0/0 d'économie sous le rapport du poids mort comparé à celui de la locomotive à vapeur considérée isolément, toute considération de vitesse anormale écartée bien entendu.

S'il est vrai que l'électricité soit le seul agent-moteur qui permette d'envisager comme possible l'exécution de trains atteignant 200 *km* (bien entendu au prix d'un matériel et de frais d'exploitation très élevés sans doute, mais moindres que ne le seraient les frais correspondants à la vapeur si celle-ci pouvait donner ces vitesses) on doit bien tenir compte de ce que l'emploi de l'électricité, en matière de traction, est surtout indiqué pour les trains à vitesses ordinaires, à arrêts multiples, même sur les lignes à profils très accidentés, c'est-à-dire sur les lignes où il y a une grande variabilité d'efforts. L'économie de combustible, l'économie de poids mort, la rapidité de démarrage, les facilités d'exploitation, l'augmentation du confort des voyageurs, l'élasticité dans l'intensité d'exploitation, sont les conséquences de l'exploitation électrique. Ce dernier facteur est un de ceux du succès économique des tramways électriques : l'exploitation des tramways par traction animale était difficile il y a vingt ans, en dehors de quelques grands centres privilégiés, parce que les moyens de traction, inactifs en semaine, suffisaient à peine au trafic dominical ou à celui de certaines heures de la journée.

L'électricité, économiquement et logiquement appliquée, permet de faire de l'exploitation rationnelle, proportionnée aux demandes du trafic, et économique au point de vue du rendement mécanique moyen du système.

Par surcroît, il y a lieu de tenir compte, en faveur de l'électricité, de la propriété des électromoteurs de consommer peu de travail pour le frottement, comme nous l'avons vu plus haut. Il en résulte que, dans la course à vide, on peut éventuellement

faire la récupération du travail négatif dans les descentes. Ce dernier avantage est limité au cas de l'emploi des courants polyphasés. Quoi qu'il en soit, une locomotive à vapeur peut rarement fonctionner à régulateur fermé, en raison des frottements du mouvement, et surtout du travail de compression dans les cylindres. En revanche, tout moteur électrique, tournant à vide sur une descente, rapporte du travail ou tout au moins ne coûte rien. Ces divers avantages sont très bien mis en lumière par l'inspection des trois figures 8, 9 et 10. La première est relative au travail demandé aux moteurs du chemin de fer élevé de Chicago (Sud); la seconde et la troisième, aux moteurs des locomotives du P. O. de la gare d'Austerlitz au quai d'Orsay. Ils sont intéressants au point de vue de l'étude du travail dépensé.

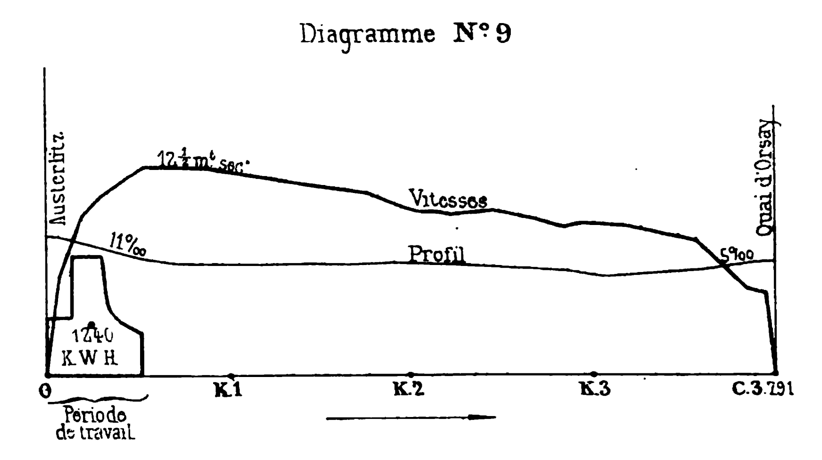


Le diagramme 8 donne les temps et les distances en abscisses.

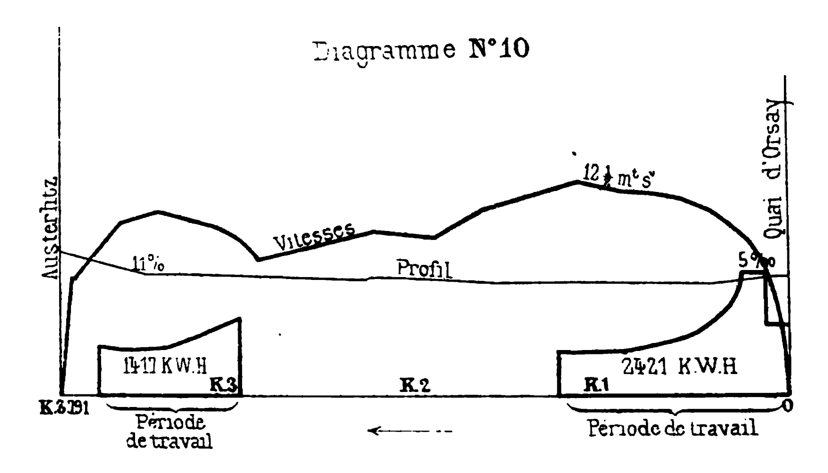
Le tracé inférieur est le profil, le graphique s'applique de la station de la 47e avenue à celle de la 61e.

Le courant n'est employé au départ de la 47e que sur 800 *m*, la dépense (accélération comprise) est de 0,66 kilowatt-heure; le courant n'est pas employé sur les 2000 *m* suivants : à la station suivante (58e avenue) la dépense de mise en train est de 0,75 kilowatt. La période d'emploi du courant s'étend sur 600 *m* et le train, profitant de l'accélération, continue sans courant sur 2050 *m*. En moyenne, sur 6000 *m* de parcours, le courant n'est

employé que sur 1 400 *m*. L'examen des graphiques *(fig. 9 et 10)* de consommation du trajet des locomotives électriques de la gare d'Austerlitz au quai d'Orsay (Paris-Orléans) est encore plus intéressant. Le diagramme 9 correspond au trajet aller, le 10 au



trajet retour; ils diffèrent en raison du profil. La dépense, à l'aller, est de 1 240 kilowatts-heures; au retour, de 3 838 kilowatts-heures. Mais le temps total d'emploi du courant est de 27 1/2 0/0 du temps du trajet.



Tels sont les avantages économiques théoriques de la traction électrique.

Ces avantages se sont-ils réalisés en pratique? Sont-ils rendus sensibles par l'exploitation courante? Y a-t-il des expériences

pratiques assez longues pour permettre de répondre à ces deux questions?

Nous pensons pouvoir y répondre affirmativement, et, pour cela, nous donnerons des exemples d'exploitation tirés de la pratique en Suisse et en Amérique, où des exploitations similaires ont un temps suffisant d'expériences pour permettre une conclusion. Toutefois, nous devons, avant tout, nous mettre en garde contre deux appréciations aussi erronées que souvent émises.

Il faut éviter de généraliser du prix de la traction à grande vitesse au prix de la traction électrique à vitesse ordinaire. La grande vitesse, quelle que soit, du reste, l'origine de la puissance employée, sera chère, parce quelle coûte en raison du cube de la vitesse. Dans ce cas, ce n'est pas l'électricité, mais bien la vitesse qui coûte cher.

D'autre part, beaucoup de bons esprits sont tentés de limiter la possibilité de l'emploi de l'électricité aux chemins de fer des régions desservies par des forces naturelles, qui devraient fournir l'électricité à bon marché. Nous nous permettrons d'insister encore sur ces deux points.

Si l'on envisage le problème de la réalisation de vitesses atteignant 150 *km* et plus à l'heure, c'est à l'électricité que revient l'avantage, ou pour mieux dire, c'est l'électricité seule qui est capable de fournir les moyens nécessaires, à moins d'une découverte soudaine, et que rien ne fait prévoir, de quelque moteur puissant sous un volume réduit.

Il résulte de cette invention de Sprague, aujourd'hui universellement appliquée en Amérique et en Allemagne, que l'addition du poids des voitures à un train ne représente plus en électrotechnique, l'obligation d'ajouter du poids mort à l'appareil moteur pour obtenir l'adhérence. La locomotive à vapeur, travaillant en remorque, augmente au contraire en poids plus vite qu'elle n'augmente en puissance, de sorte que, si l'on projette la très puissante machine, nécessaire aux vitesses anormales que rêve le voyageur du siècle nouveau, on en arrive à un monstre de plusieurs milliers de chevaux, qui ne peut plus que se mouvoir lui-même, et ne peut rien tirer, pas même un fourgon.

Par un singulier retour, le « Multiple-Units System », inventé par Sprague, en vue des Métropolitains, des Vicinaux, des Trains de banlieue, devient donc, par une conséquence inattendue, le facteur essentiel des futurs trains à grande vitesse.

Animé par de puissants et légers moteurs calés sur chaque essieu de voiture, effilé, coupant le vent comme les torpilleurs coupent la lame, ayant beaucoup de puissance sous peu de volume, puissance puisée à des lignes à très haut voltage, avec courant polyphasé, courant pris par contact ou par induction peut-être, tel est le chemin de fer futur qui nous transportera de Bruxelles à Paris en deux heures. Mais cela, c'est l'avenir, c'est le demain de l'électricité, c'est le trajet de luxe, le trajet cher des gens pressés et, pendant longtemps peut-être, le privilège de rares voyageurs.

Pour l'heure présente, le problème résolu, complété, économiquement établi, d'application immédiate, est la traction des chemins de fer vicinaux, des grandes lignes d'intérêt local, des trains de banlieue et de pénétration dans les villes.

C'est le lieu de dire ici que c'est à tort que l'on attribue à la Suisse et à l'Italie un privilège extraordinaire en cette matière, du chef de l'obtention à bas prix de forces naturelles. Le couplet traditionnel de la *houille blanche* doit être ici écouté avec une certaine réserve. Sans doute cette puissance est un bien trouvé, et c'est une fortune pour les pays jusqu'à ce jour dénués de la source industrielle précieuse du combustible fossile. Sans doute cette utilisation aura une influence évolutive puissante sur l'économie industrielle de l'Europe ; mais il n'en est pas moins vrai que, pratiquement, les pays comme l'Amérique, l'Angleterre et la Belgique conservent le pouvoir à condition de ne pas vendre le combustible de bonne qualité à un prix sensiblement supérieur à 12 *f* la tonne, d'opposer la *houille noire* à la *houille blanche*.

Précisément la question qui nous occupe fournit une occasion de comparer, à ce point de vue, deux exploitations de chemin de fer à grande échelle, l'une américaine, l'autre suisse,

L'exploitation américaine du chemin de fer de l'Indiana comprend 150 *km* de chemins de fer vicinaux, entre diverses villes d'une population totale qui ne dépasse pas 340 000 habitants. Ils sont exploités par des trains espacés, en semaine, d'heure en heure et, les jours de fêtes, de dix en dix minutes, avec une vitesse commerciale de 65 *km* et des vitesses maxima de 98 *km* à l'heure ; les voitures pèsent 32 *t*, ce sont de véritables salons, très confortables, et le tarif en est extraordinairement bas.

Cette exploitation puise à la station centrale d'électricité d'Anderson, construite par la Westinghouse Electric Company, le courant à 0,038, soit 3 centimes 8/10 le kilowatt-heure mis aux

bornes des voitures. Or le charbon coûte, à Anderson, 7,50 *f* la tonne. A ce prix, le charbon coûtant, en Europe, 12 *f*, le prix du kilowatt dans les mêmes conditions serait probablement de 6 centimes 1/4.

Une centrale polyphasée, débitant 2 millions de kilowatt-heures par an (régime régulier que représenterait une ligne à trafic normal), peut avantageusement produire du courant à ce prix dans nos régions charbonnières, à condition d'éviter les surcharges et les emplois momentanés d'unités inemployées pendant de longues heures.

L'amortissement et l'intérêt de travaux hydrauliques, telles que ceux de la station des chutes du Rhin, à Reinfelden (12 millions de francs), ou du Rhône à Jonage (23 millions de francs), représentent des sommes considérables, appelant des débits électriques dont la vente est actuellement loin d'être obtenue. L'intérêt et l'amortissement, pour le second cas cité, de la seule partie des immobilisations du chef de la captation hydraulique représentent, au prix de 0,0625 le kilowatt-heure, la production annuelle de plus de 25 millions de kilowatt-heures, en supposant qu'il n'y ait aucune autre dépense à faire pour les produire. Ce ne sont pas ces stations qui apportent à la traction électrique des chemins de fer la raison d'être économique, permettant la réalisation de la traction électrique. La traction électrique des chemins de fer apportera au contraire à ce genre de station un aliment, une clientèle précieuse ; elle fera de ces stations des affaires industrielles très importantes, mais, partout où le charbon est bon et à pied d'œuvre, la production de l'énergie et sa distribution aux lignes de chemin de fer sera non moins économique et facile par la vapeur, si l'installation en est bien conçue techniquement et bien placée.

Voici à titre de comparaison, avec l'exploitation par charbon d'Anderson (U. S. A.) les chiffres suisses :

La station centrale hydro-électrique de la Kander (sur le lac de Thoune) alimente le chemin de fer électrique de Burgdorf à Thoune ; il est équipé par la Maison Brown et Boveri, et la force motrice électrique y coûte 6 centimes le kilowatt-heure sans entretien de ligne. Ce chemin de fer, section à voie normale du futur tracé international du Simplon, a fourni, sur 42 *km* environ, un champ d'expériences définitives pour l'emploi des courants triphasés. Depuis 1899, il est exclusivement exploité électriquement, et, d'après les chiffres statistiques empruntés aux

rapports du Conseil d'administration. Il a servi, en 1900, au parcours de 1806600 tonnes-kilomètres, tant voyageurs que marchandises.

Le prix de la force motrice, frais de traction et de main-d'œuvre a été, en 1900, de 0,0067 par tonne-kilomètre, et ce prix revient à 0.253 *f* par train et par kilomètre, tandis que l'ensemble des frais de la voie, de personnel et dépenses accessoires, ressort à 1.40 *f* par train-kilomètre.

De tels prix sont incontestablement plus favorables que ceux de chemins de fer similaires exploités à vapeur, maix ils sont égaux, sinon supérieurs, à ceux des exploitations électriques servies par le charbon.

A propos du chemin de fer de Burgdorf-Thoune, il y a lieu de signaler combien la locomotive électrique est plus économique que la locomotive à vapeur, sous le rapport d'entretien d'atelier et d'entretien journalier; nous relevons dans les frais d'entretien des locomotives et moteurs du Burgdorf-Thoune que, pour toute grosse réparation, il a été changé un pignon à coin et que quelques coussinets ont été remis au tour, au bout de deux ans de service. Il n'y a, en effet, pas d'autres pièces frottantes dans un moteur électrique. On peut affirmer que les dépenses d'entretien ordinaire et la réparation ont une valeur approximative de 1/30 de celles de la chaudière et du mécanisme de la locomotive. Cet avantage est surtout marqué pour les grands moteurs polyphasés, qui n'ont point de collecteur.

Pour en revenir à la question du prix de revient d'exploitation, il y a lieu, au point de vue continental, de s'enquérir des prix réalisés dans les districts où le charbon peut être obtenu à des prix oscillant entre 12 et 16 *f*. Tel est le cas de la Belgique, du Nord de la France, d'une partie de l'Allemagne et de l'Angleterre. Tel est aussi le cas des grands Tramways interurbains, de ces chemins de fer régionaux (que nous appelons en Belgique les Vicinaux) qui sillonnent tant de régions américaines, moins denses cependant et moins peuplées que les régions centrales européennes. Grâce à l'expérience acquise, les auteurs du projet, discuté en ce moment, de la ligne rapide New-York-Portchester, ont pu fournir une étude très précise des conditions du prix de revient d'exploitation.

A cet égard, la récente enquête faite à New-York, devant le Conseil du district, au sujet de l'établissement de cette ligne, fournit les documents officiels curieux suivants :

L'établissement de cette voie rapide électrique de New-York-Portchester, sur 35 *km*, a donné lieu à des débats homériques auprès desquels la grande lutte de Bruxelles-Anvers n'est qu'un jeu d'enfants. Protestations des Compagnies de Chemins de fer existantes, prédictions fatales, appels à la tutelle des lois et des autorités, suspicions financières, organisations de trusts et meetings proélectriques et contre-meetings; rien n'a manqué à cette campagne, organisée par les Compagnies à vapeur rivales.

Elle a rapporté aux électriciens d'utiles leçons : ceux-ci, conduits au combat par des hommes rompus aux chiffres et expérimentés dans le maniement des courants polyphasés, par MM. O. Mailleux, Secrétaire général de la Société des Electriciens Américains et W. Gotshall, manager du « South Side Electric Elevated Railway » de Chicago, ont produit leurs comptes et établi, en enquête officielle, que le charbon coûtant 12 *f* à Portchester, les frais de traction s'élèveront à environ 0,18 *f* par train-kilomètre, les frais totaux ne pouvant pas, Administration comprise, coûter plus de 0,50 *f* le train-kilomètre. Ils ont donc maintenu leurs tarifs réduits.

Or, toute cette argumentation est appuyée de chiffres expérimentaux tels qu'aucun doute n'est possible quant à la réalisation. Ils sont surtout basés sur les résultats de leur station d'Anderson (Indiana) station desservant les chemins de fer vicinaux ci-dessus indiqués.

Aussi donc, sans avoir recours à des moyens électriques extraordinaires, avec un matériel ayant fait ses preuves, les promoteurs de New-York-Portchester vont mettre à exécution une ligne de 35 *km*, avec des express faisant dix arrêts et des trains ordinaires à vingt arrêts.

C'est là un véritable service de tramway. La vitesse commerciale des express sera de 65 *km* à l'heure, et celle des ordinaires 42 *km*. A ce compte, un train-omnibus, Bruxelles-Anvers, faisant treize arrêts, mettrait 63 minutes au lieu de 87 (durée actuelle) et les rapides 27 minutes au lieu de 53 minutes de nos trains express actuels.

La comparaison se résume donc en ceci que l'exploitation électrique, desservie par la Kander (hydraulique), accuse pour les frais de traction le chiffre de 0,253 *f* par train-kilomètre et ressort à 0,18 *f* par train-kilomètre pour l'exploitation américaine au charbon (prix 12 *f* la tonne).

Évidemment, il y a lieu de tenir compte de quantités de facteurs non identiques, non comparables, entre deux exploitations si différentes; mais, néanmoins, il ressort de cette comparaison que l'absence de sources naturelles, dans une région à desservir par la traction électrique en grand, n'est pas une contre-indication, si le charbon est de bonne qualité et à prix normal, car le prix de traction à 0,18 *f* au train-kilomètre, pour une vitesse commerciale de 65 et effective de 98 *km*, est favorable. On tiendra compte de ce que ce prix suppose le charbon à 12 *f*, et comprend le charbon, l'huile et toutes les dépenses de la Centrale, y compris toute la main-d'œuvre nécessaire à la production et au transport du courant électrique. Il est à rapprocher du prix de 0,25 *f* obtenu dans les mêmes conditions, par le chemin de fer de Burgdorf-Thoune, en Suisse, alimenté par une puissance hydraulique dans une région où le charbon eût coûté 30 *f* la tonne. Il est à rapprocher aussi des prix obtenus par l'État belge en 1900, année pendant laquelle, le charbon ayant coûté en moyenne 17,96 *f* la tonne, la dépense de traction représente pour le combustible seul, sans main-d'œuvre (chauffeurs) sans huile, ni graissage, ni nettoyage, un chiffre de 0,383 *f* par train-kilomètre. Cette même dépense était, pour le combustible seul, de 0,228 *f* en 1899, alors que les prix moyens du charbon pour locomotives, pour cette année, étaient de 11,20 *f* (1) et les prix industriels de 9 *f*.

Ces chiffres représentent donc, en résumé, une économie qui variera de 50 à 25 0/0, suivant les cas, sous le rapport de la dépense du combustible; l'adoption des procédés électriques aura, de plus, pour effet, en améliorant le mode d'exploitation, d'augmenter les recettes dans des mesures inattendues : elle permettra des organisations plus favorables, se prêtant mieux aux nécessités du trafic, spécialement des trains de banlieue, des trains de pénétration dans les Villes, des métropolitains et des chemins de fer vicinaux pour les transports. Avant que de terminer la première partie de cette trop longue communication, il est bon de jeter un regard sur les deux tableaux synoptiques où sont groupées les applications existantes, en les ordonnant d'abord par rapport à l'infrastructure, ensuite par rapport au mode de transmission et de captation du courant.

(1) Chemins de fer de l'État belge. — Compte rendu des opérations pendant l'année 1900. Rapport présenté aux Chambres législatives. — Annexes 134, n° XXIX.

Il serait trop long de décrire chacun des systèmes indiqués. Nous en choisirons quelques exemples typiques, mais l'attention doit être appelée sur ce fait que l'étendue et la multiplicité des applications de l'électricité aux chemins de fer prouve, dès maintenant, que les données énoncées plus haut n'ont pas une simple valeur théorique. La Suisse, l'Allemagne et l'Italie et surtout l'Amérique, nous ont donné de précieux exemples dont nous devons tâcher de profiter méthodiquement par des applications judicieuses et sans limiter ces applications à des cas spéciaux, tels que ceux des extra-vitesses.

(A suivre.)

TABLEAU N° 1

Classification des Systèmes de Traction électrique

PAR RAPPORT A LA NATURE
DE LA VOIE ET DE L'INFRASTRUCTURE

GRANDES CLASSES DES SYSTÈMES	TYPES	VITESSES PRATIQUES réalisées en kilomètres à l'heure	NATURE DE LA VOIE	NATURE de la LIGNE CONDUCTRICE D'ÉLECTRICITÉ
Appareils de traction sur chaussées et routes ordinaires sans voies spéciales.	Voitures automobiles à accumulateurs. *Exemple :* Système Krieger.	15 à 25	Routes ordinaires.	—
	Tracteurs électriques pour le halage des bateaux. *Exemple :* Systèmes Gaillot ou L. Gerard.	3 à 8	Digues et routes.	Lignes aériennes à trolleys cavaliers.
	Omnibus automoteurs à trolleys marcheurs. Système Lombard-Gerin.	5 à 15	Routes ordinaires.	Lignes aériennes avec trolley automoteur.
Voitures automotrices et locomotives à traction sur deux rails.	Voitures et locomotives à accumulateurs (essais de l'Etat belge et essais italiens).	20 à 35	Chemins de fer ordinaires sans modification aucune.	—
	Tramways urbains ordinaires et chemins de fer vicinaux. Tramways bruxellois et Chemin de fer Mons-Boussu.	12 à 40	Rails à profils élevés, posés dans les rues ou bien sur les accotements des routes.	Lignes aériennes à trolleys.

Voitures automotrices et locomotives à traction sur deux rails (*suite*).	Tramways de luxe. Tramways à caniveau de Bruxelles.	Id.	Rails à rainure.	Rails dans caniveaux.
	Chemins de fer ordinaires, lignes du Piémont.	40 à 100	Voies anciennes à profil non modifié.	Adjonction d'un 3e rail ou d'une ligne aérienne.
	Chemins de fer métropolitains à plates-formes spéciales : tunnels ou Elevateds. Manhattan Elevated, New-York	25 à 100	Voies spéciales posées en tunnel ou posées sur une plate-forme surélevée en ponts en treillis et arcades.	Ordinairement 3e rail.
	Chemins de montagne : Jungfraubahn.	5 à 30	Voies avec crémaillères.	Ordinairement lignes et trolleys.
	Chemins de fer rapides. Essais allemands, italiens et américains. Essais de Zossen-Marienfeld (Berlin).	100 à 160	Voies à deux rails renforcés, éclisses spéciales, plate-forme spéciale sans aiguilles et à grands rayons de courbure.	Lignes aériennes avec archets.
	Chemins de fer rapides. Essais projetés en Belgique (J. Dulait-Zelenay et Cie).	?	Voie avec stators inductifs dite tangentielle.	A l'étude.
Systèmes à rail unique.	*Exemple :* Monorail suspendu en service de Barmen-Elberfeld Wohwinkel. Essais. (Système Langen).	30 120	Voie sur poutrelle en treillis, portée sur chevalets.	3e rail.
Systèmes à rails multiples dont un porteur et les autres guides.	Monorail Lartigue. Monorail Behr (exposition 1897). Projet de Liverpool-Manchester (175 k-h).	25 100 ?	Voie sur chevalets à trois rails. Voie sur chevalets à cinq rails.	(Essais à vapeur.) (Essais électriques.) 3e rail.

TABLEAU N° 2

Classification des Systèmes de Traction électrique

PAR RAPPORT A LA NATURE

DES LIGNES ET DES MODES DE PRISES DE COURANT

SYSTÈMES ET EXEMPLES D'APPLICATION	LIGNES DE CONTACT			LIGNES DE DISTRIBUTION		NOTES SUR LES PORTÉES EFFICACES et détails
	MODE de contact	NATURE DES LIGNES	NATURE DU COURANT Tension	NATURE DES LIGNES et mode de réduction	NATURE DU COURANT et tension	
A. — **Moteurs continus.** Tramways ordinaires. Chemins de fer vicinaux de peu d'étendue. Chemins de fer locaux. Schukert : ligne de l'Isar. General Electr. C° : Baltimore Ohio.	Trolleys. — Archets. — Parallélogrammes.	Une ligne aérienne un retour par les rails.	Continu 500 à 800 volts.	Trolleys aériens ou souterrains.	Alimentation directe.	Portée extrême 15 à 16 kilomètres avec survolteurs. — 30 kilomètres avec 3 fils dont le central à la terre. — Portée ordinaire 10 kilom.
Tramways à caniveau. Tramways à plots. Tramways de Bruxelles (Union). Tramways de Paris.	Charrue ou ressorts de contact.	Caniveau ou 3ᵉ rail isolé. Retour par rails.	Id. Id.	Id. Id.	Id. Id.	Id. Id.
Chemins de fer locaux. Chemins de fer vicinaux. Grands tramways. *Exemples :* Chemins de fer de l'Indiana. Vicinaux silésiens. Tramways de Zurich et projet des Bruxellois. G. E. C. Union Œrlikon, etc.	Trolleys ou archets.	Une ligne aérienne isolée et un retour par rails.	Continu 500 à 800 volts.	Trois lignes à haute tension avec transformateurs rotatifs ou machines commutatrices.	Triphasé de 3000 à 6000 volts avec transformateurs statiques réducteurs éventuels ou avec transformateurs survolteurs.	Sous-stations espacées de 3 à 10 kilomètres. — Portée du système 50 à 150 kilomètres par station centrale.

Chemins de fer à fort trafic et métropolitains. *Exemples :* Milan-Gallarate-Varèse. Métropolitain de Londres. Elevated de Chicago. Ligne du quai d'Orsay, Paris. (Union G. G. E. C., Monorail de Schuckert-Langen).	Frotteurs élastiques.	Système dit du 3e rail. — Un rail isolé conducteur et deux rails porteurs non isolés servant de retour.	Continu de 500 à 1 000 volts.	Id. Id.	Id. Id.	Sous-stations espacées de 4 à 25 kilomètres. — Portée du système comme au cas précédent.
B. — **Moteurs polyphasés.** Chemins de fer suisses : Types Stanstadt-Engelberg, Burgdorf-Thun et Jungfraubahn (Brown-Boveri et Œrlikon).	Archets.	2 phases reliées à 2 lignes aériennes isolées, la 3e phase mise à la terre par le rail.	Triphasé 400 à 800 volts de 30 à 50 périodes.	3 lignes aériennes isolées avec transformateurs statiques.	Triphasé 3 000 volts à 16 000 volts.	Portée par centrale : 20 à 200 kilomètres; distance des sous-stations : 3 à 5 kilomètres environ.
Système à isolement complet. Distribution du halage canal de Charleroy à Bruxelles.	Trolleys cavaliers.	3 phases reliées à 3 des lignes aériennes isolées latérales à la route.	Triphasé. 600 volts. — 40 périodes.	Id.	Triphasé. 6 000 volts.	Portée par centrale : 45 kilomètres. Espacement des sous-stations transformatrices statiques : 4 kilomètres.
Essais italiens : Chiavenna-Lecco-Sondrio. (Maison Ganz de Budapest).	Archets pneumatiques.	2 phases isolées sur 2 lignes, la 3e phase à la terre par les rails porteurs.	Triphasé. 3 000 volts. 15 périodes.	3 lignes aériennes isolées avec transformateurs statiques.	Triphasé. 15 000 volts. 15 périodes.	Portée par centrale : 200 kilomètres, espacement des sous-stations : 10 à 15 kilomètres.
Essais allemands des chemins à grande vitesse. Zossen - Marienfeld (Siemens - Halske et Allgemeine E. G.).	Archets à axes verticaux.	3 phases reliées à 3 lignes aériennes isolées, latérales à la voie.	Triphasé de 10 000 à 20 000 volts, 45 périodes, transformé dans la voiture à 1 850 volts (S. H.) ou à 450 volts (A.E.G).	Les lignes de contact servent de lignes de distribution; la transformation se fait dans le véhicule moteur.		Pas de sous-stations.
Essais en Belgique, système tangent el (en projet) Dulait et Cie.	Distribution sans contact par stators fixés dans la voie. Action par induction à distance.			Système de distribution triphasé à deux étages de 20 000 volts à 3 000 volts.		Sous-stations transformatrices statiques, espacées de 5 en 5 kilomètres.

CHRONIQUE

N° 267.

SOMMAIRE. — Prescriptions concernant les essais des fers, fontes et aciers en Allemagne. Anciennes communications entre l'Angleterre et le continent. — Manœuvre à distance des portes des cloisons étanches. — Les moteurs à alcool. — Tunnel du Simplon. — Le système métrique aux États-Unis. — Concours pour un projet de matériel roulant de chemin de fer à grande vitesse.

Prescriptions concernant les essais des fers, fontes et aciers, en Allemagne. — Nous trouvons dans les *Annales des Travaux publics de Belgique* les renseignements qui suivent sur les prescriptions concernant les essais des fers, fontes et aciers, établies par l'Union des métallurgistes allemands.

I. *Règles générales.* — Les épreuves destinées à révéler les propriétés des métaux susmentionnés peuvent comprendre des essais sur pièces finies et des essais sur prélèvements, soit à froid (pliage, poinçonnage, cassure, traction, torsion), soit à chaud (pliage, poinçonnage, forgeage). Les éprouvettes pour essais à la traction auront une longueur utile de 200 *mm* et une section qui variera de 300 à 500 mm^2. Les barreaux d'essais pour pliage auront de 30 à 50 *mm* de largeur. Les éprouvettes seront préparées uniquement à froid, aux machines-outils, en conservant, autant que possible, les faces de laminage.

II. *Aciers.* — Les aciers peuvent, au point de vue de leur emploi, rentrer dans l'une des catégories suivantes : matériel de chemin de fer, aciers de construction, tôles, fils.

a) *Matériel de chemin de fer.* — Les épreuves des rails se font sur 0,5 0/0 de la livraison; elles consistent en un essai au choc sur barres de 1 *m* et un essai à la traction sur barreaux cylindriques de 25 *mm* de diamètre. La résistance doit être, au minimum, de 55 *kg* par millimètre carré et l'allongement de 12 0/0, mesuré sur 200 *mm* de longueur. Les traverses métalliques et les pièces accessoires de la voie, telles que les éclisses, les selles, les crampons, les tirefonds, les boulons et les rondelles, sont essayées au pliage et à la traction; la résistance doit être comprise entre 38 et 50 *kg*. Les bandages seront éprouvés à raison de 1 0/0, au choc, au moyen d'un mouton de 3 000 *kg* produisant sur la pièce des chocs répétés jusqu'à ce que la réduction du diamètre vertical ait atteint 12 0/0, sans qu'il se soit manifesté de crique. A la traction, le métal doit donner, au minimum, 60 *kg* pour les bandages de locomotives et 50 *kg* pour ceux de tenders et de wagons. Les essieux seront essayés, dans la même proportion que ci-dessus, à la traction ($R = 50$ *kg*) et au choc, sur appuis écartés de 1,50 *m* et devant supporter, sans crique, le poids d'un mouton de 3 000 *kg*, jusqu'à ce que la flèche ait atteint 200 *mm* pour un diamètre au corps de 130 *mm*. Lorsque ce diamètre est différent, la flèche varie dans un rapport inverse.

b) *Aciers de construction.* — Les essais à la traction sur le « flusseisen » donneront, pour des pièces de 7 à 28 *mm* d'épaisseur, dans le sens du laminage, une résistance de 37 à 44 *kg* et un allongement minimum de 20 0/0 et, dans le sens du travers, respectivement 36 à 45 *kg* et 17 0/0. Pour les pièces d'une épaisseur inférieure à 7 *mm*, la résistance est augmentée de 2 *kg* par millimètre carré et l'allongement diminué de 2 0/0. Outre l'épreuve de traction, on fera subir aux barres laminées des essais de pliage et de perçage à chaud, et aux rivets des essais de pliage et de refoulement, également à chaud.

c) *Tôles.* — On les classe, au point de vue des dimensions et de la forme, en tôles minces (au-dessous de 5 *mm* d'épaisseur), en tôles courantes (de 5 *mm* et au-dessus) et en tôles striées. Sous le rapport de la qualité, on distingue les tôles de réservoirs, de construction de navires et de chaudières. Il y a, en outre, les tôles spéciales, donnant une résistance à la traction supérieure à 50 *kg* et qui, généralement, sont fabriquées avec un acier dans lequel on a introduit des métaux ou des métalloïdes qui en exaltent les propriétés mécaniques.

Les tôles de chaudières et celles d'une épaisseur inférieure à 4 *mm* sont seules recuites.

Les épreuves que devront supporter les tôles sont les essais de traction, de pliage après trempe, de poinçonnage à chaud et de forgeage. Les deux premiers sont les plus importants. Les épreuves de traction devront donner les résultats suivants, avec barreaux de 200 *mm* de longueur utile.

Catégories de tôles d'acier de 8 à 28 *mm* d'épaisseur.	Résistance en kilogr. par millimètre carré.	Allongement 0/0
Construction	35 à 42	20
Navires	35 à 43	20
Chaudières	34 à 40	25

Quant à l'essai de pliage, il s'effectue sur bandes dont les branches sont amenées parallèlement à elles-mêmes à une distance égale à une, deux ou trois fois l'épaisseur de la tôle, suivant la catégorie d'acier.

d) *Fils.* — Les usages si divers des fils d'acier entraînent des conditions de réception très différentes. Ainsi, le fil télégraphique doit donner à la traction 40 *kg* de résistance et un échantillon de 0,15 *m* de longueur devra supporter de 16 à 38 torsions, suivant que le diamètre varie de 8 *mm* à 1,7 *mm* de diamètre.

Le fil téléphonique étamé donnera, aux essais de traction, une résistance de 130 à 140 *kg* et un allongement de 5 0/0 mesuré sur une longueur de 500 *mm*. En outre, les fils seront pliés de 90° de chaque côté de la verticale jusqu'à rupture. Le nombre de plis varie de 4 à 10 suivant le diamètre.

III. *Fers.* — Les fers laminés donneront, aux épreuves de traction, une résistance moyenne de 35 *kg* et un allongement de 12 0/0, et ceux destinés à la fabrication des rivets 38 *kg* et 18 0/0. Des essais de pliage sont, en outre, exigés pour la première de ces catégories.

Les conditions imposées pour les tôles de fer sont résumées dans le tableau ci-après :

CATÉGORIES DE TÔLES DE FER		RÉSISTANCE en kilogr. par millimètre carré		ALLONGEMENT pour cent	
		Long	Travers	Long	Travers
Tôles de réservoirs.	nº 1. . . .	35	28,5	7	5
	nº 2. . . .	31,5	27,5	5	3
Tôles à chaudières (jusqu'à 25 *mm* d'épaisseur).	à feu . . .	36	34	18	12
	embouties .	35	33	12	8
	enveloppes.	33	30	7	5

Des pliages à froid et à chaud complètent ces épreuves.

IV. *Acier moulé.* — Des barreaux d'essais seront attenants aux pièces, sauf le cas où les dimensions de celles-ci ne le permettraient pas et alors les éprouvettes seraient coulées en châssis séparés. La résistance à la traction devra, suivant la destination des pièces, varier entre 36 et 60 *kg* avec allongement minimum correspondant de 20 à 8 0/0.

V. *Fontes.* — Les pièces de qualité ordinaire présenteront une résistance d'au moins 12 *kg*. En outre, une éprouvette brute, à section carrée de 30 *mm* de côté, reposant sur deux appuis éloignés de 1 *m*, devra pouvoir supporter, avant rupture, une charge progressive, en son milieu, allant jusqu'à 450 *kg*.

Toutes les prescriptions relatives aux essais des diverses matières dont il a été question ci-dessus sont complétées par des indications sur les tolérances qu'il convient d'appliquer dans les réceptions, au point de vue des dimensions et du poids des pièces.

Anciennes communications entre l'Angleterre et le Continent — D'une série d'articles publiés par l'*Engineer* sur les services de voyageurs pour la traversée de la Manche, nous extrayons les curieux détails qui suivent sur la manière dont s'effectuait cette traversée avant l'adoption de la navigation à vapeur.

On a peu de renseignements sur les services de la Manche pendant la seconde moitié du XVIIIe siècle, parce que les guerres entre la France et l'Angleterre rendirent les communications très irrégulières jusqu'à la paix de 1815. A la fin du XVIIIe siècle et jusque vers 1820, les services de voyageurs s'effectuaient soit entre Douvres et Calais, soit entre Douvres et les ports des Pays-Bas ou ceux de l'Allemagne du Nord et aussi entre Southampton et les îles de la Manche, par de petits navires dits *packet-boats*, d'où le nom français de paquebot, jaugeant 60 à 90 *tx*, très solidement construits et pouvant porter de 10 à 30 passagers dans des conditions assez confortables pour l'époque. Ces navires étaient gréés en côtres avec une brigantine, deux focs et un hunier carré; le

beaupré horizontal pouvait se rentrer; le tirant d'eau était faible pour que les navires pussent approcher de la côte en cas de besoin, pour débarquer les passagers. Ils portaient un armement sérieux pour leur permettre de se défendre contre l'attaque des corsaires qui sillonnaient la Manche. Mais comme ils étaient incapables de résister à des bâtiments de guerre, il était d'usage, dans la prévision d'une rencontre de ce genre, de lester les sacs contenant les dépêches avec des boulets ou des gueuses et de mettre ces sacs dans un coffre placé sur le pont et tenu à l'abri de l'eau par des prélarts. Si le paquebot était attaqué et que la résistance semblât impossible, le capitaine avait ordre de jeter les sacs à dépêche par-dessus bord du côté opposé à celui par lequel l'attaque avait lieu. On voulait éviter ainsi que l'ennemi pût trouver des renseignements utiles dans les correspondances.

Un modèle d'un de ces bateaux, le *King George*, conservé au musée de Douvres, est reproduit par l'*Engineer*.

Leur marche était assez bonne pour que, par un bon vent, la traversée de Douvres à Calais s'effectuât en trois heures environ, c'est-à-dire dans la même marée. Si le bateau pouvait entrer à Calais, les voyageurs débarquaient dans le port, sinon le bateau s'approchait le plus possible de la plage et des embarcations mettaient les passagers, leurs bagages et les dépêches à terre.

A Douvres, le débarquement était effectué par des bateliers privilégiés pour ce service, et autorisés à percevoir une taxe de 4 1/2 schellings par grande personne, 2 schellings par enfant et rien pour les bagages, avec défense, sous peine de suspension, de rien exiger au-delà.

De 1815 à 1820, le service entre Douvres et Calais s'effectuait par trois bateaux, dont le *King George*, dont il vient d'être question.

A Calais, le transport des dépêches entre la ville et le point de débarquement s'effectua jusqu'en 1830 par une petite voiture attelée de deux chiens. On peut se faire par là une idée de l'importance de la correspondance transportée. Il n'y eut longtemps que deux services réguliers par semaine et ce n'est qu'en 1851 qu'il y eut un service tous les jours, non compris les dimanches; depuis 1892, il y a trois courriers par jour.

Voici quelques chiffres qui donneront une idée du développement du transport des correspondances et des voyageurs. En 1851, pour la semaine qui a fini le 7 juin, le nombre total des voyageurs transportés de Douvres à Calais et de Douvres à Ostende n'a été que de 641, alors qu'en 1892, il y a eu entre Douvres et Calais et vice versa un total de 248 374 voyageurs, soit 4 476 par semaine et 682 par jour. En 1892, on a transporté sur la même ligne 103 098 sacs de correspondances pour les postes françaises et 61 802 pour les malles des Indes et de l'Australie, plus 14 036 paniers de colis postaux.

A l'heure actuelle, il passe par jour de Douvres à Calais en moyenne 300 sacs de dépêches et 175 de Calais à Douvres, plus 120 paniers de colis dans un sens et 85 dans l'autre. Ces chiffres sont considérablement augmentés les jours des courriers pour les Indes et les États-Unis. On peut juger du poids représenté par les correspondances si on compte qu'un sac de dépêches pèse environ 60 livres, soit 27 *kg*.

On sait que le premier paquebot à vapeur qui ait fait un service régulier entre Calais et Douvres est le *Rob Roy*, construit sur la Clyde en 1818 et mis en service en 1820 pour la traversée du Pas-de-Calais sous le nom de *Henri-IV*; il fut suivi de près par un bateau de construction française nommé le *Duc-de-Bordeaux*.

Le service régulier par vapeurs entre Dieppe et la côte anglaise près de Brighton ne fut établi qu'en 1844, avec deux départs par semaine; quant à celui de Southampton au Havre, il date de 1835.

Manœuvre à distance des portes de cloisons étanches. — Nous avons indiqué, dans la chronique de février 1902, à la page 324 que le transatlantique allemand *Kronprinz Wilhelm* était muni d'un dispositif permettant de provoquer depuis la passerelle de commandement, la fermeture des portes des cloisons-étanches.

Voici, sur cet arrangement connu sous le nom de système Dorr, quelques renseignements que nous trouvons dans le *Railway Machinery*.

La coque du *Kronprinz Wilhelm* est divisée au-dessous de la flottaison en dix-sept compartiments par des cloisons étanches et, pour les facilités de communication, vingt-une ouvertures fermées par des portes ont été pratiquées dans ces cloisons. C'est de ces portes que dépend le salut du navire dans le cas où un compartiment se trouve inondé par suite d'une voie d'eau amenée par collision, échouage ou autre cause.

Dans le système Dorr, employé par le Nord Deutsch Lloyd, les portes glissent verticalement dans des rainures et sont manœuvrées par un cylindre à pression hydraulique dont le mouvement est contrôlé par une roue à bras placée sur la passerelle derrière le poste du pilote. Pour qu'on puisse manœuvrer la roue à bras, il est nécessaire de la dégager en soulevant un levier à cran. Dès que ce levier est manœuvré, ce qui ne demande que quelques secondes, la roue peut tourner et une sonnerie électrique se fait entendre à chaque porte pour annoncer que la fermeture des portes se produit et que les personnes qui se trouveraient à proximité puissent se garer.

En dehors de la manœuvre hydraulique servant en cas d'urgence, les portes peuvent être fermées à la main en dégageant un levier qui les fait tomber instantanément à la position de fermeture.

Un système très ingénieux de représentation de la manœuvre des portes est employé de concordance avec les appareils de manœuvre. Dans la chambre du pilote sur la passerelle se trouve un grand tableau où sont figurés les divers ponts et chaque endroit où est une porte de cloison-étanche est figuré par un trou. Derrière ces trous sont des lampes électriques reliées avec les portes elles-mêmes, de sorte que chaque porte fermée est signalée par une lampe allumée. L'officier de quart peut ainsi embrasser d'un seul coup d'œil la situation de toutes les portes de cloisons, au point de vue de la fermeture.

Les moteurs à alcool. — Nous avons mentionné dans la chronique de janvier 1902, page 163, des expériences faites par M. H. Güldner sur un moteur employant alternativement de l'essence et de l'alcool.

Le professeur Dr Luedecke, de Breslau, dans une lettre adressée au

Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure, conteste les conclusions de M. Güldner. Il dit que l'Association centrale pour la vente de l'alcool donne actuellement celui-ci pour 18,7 centimes le litre et que, d'après les données mêmes de M. Güldner, le cheval-heure peut être, à ce prix, obtenu pour 15,5 centimes. Des expériences récentes ont montré qu'on pouvait obtenir le cheval-heure avec un demi-litre au plus d'alcool. Celui-ci peut donc très bien lutter avec le pétrole et la benzine comme force motrice, surtout pour les exploitations agricoles.

M. Güldner répond, dans le même journal, en contestant les prix de vente indiqués par le Dr Luedecke. L'Association centrale de Berlin vend actuellement l'alcool dénaturé à 90 0/0 en volume à raison de 19,40 *f* (1) les 100 *l*, pris par 5 000 *kg*, et à raison de 21,25 *f* les 100 *l*, par baril de 700 *l*, mais, comme le fût doit être retourné franco, on doit compter l'alcool à 21,90 *f* au moins les 100 *l*, soit 26,25 *f* les 100 *kg*. Avec un pouvoir calorifique de 5 650 calories par kilogramme, les 1 000 calories coûtent avec l'alcool 4,65 centimes.

La benzine coûte 37,90 *f* les 100 *kg*, son pouvoir calorifique étant de 10 500 calories par kilogramme, les 1 000 calories reviennent à 3,57 centimes. Il faudrait donc, pour avoir le même prix de revient de la force produite que le rendement de l'alcool fût de $\frac{4,65 - 3,57}{3,57} = 30$ 0/0 supérieur à celui de la benzine. Or, on sait qu'il n'en est pas ainsi, au contraire.

Le Dr Luedecke dit qu'on a obtenu dans des essais récents un cheval-heure avec au plus un demi-litre d'alcool. Ce résultat a été obtenu au concours des moteurs à alcool à Paris, mais avec un moteur de 16 *ch*, où on a constaté une dépense de 0,492 *kg*.

Le moteur français système Otto, développant 6 *ch*, a dépensé 0,616 *kg* d'alcool à 90 0/0. Le moteur de même force, du même système, de la fabrique de machines de Deutz dépense 0,290 *kg* de benzine par cheval-heure. La comparaison s'établit donc comme suit :

Alcool 0,616 *kg* × 0,2625 *f* = 0,1617 *f*
Benzine 0,290 × 0,375 = 0,1087

La dépense avec l'acool est donc de 30 0/0 supérieure, chiffre qui ne diffère pas beaucoup du chiffre de 22 0/0 donné par M. G. Meyer. M. Güldner ne voit donc aucune raison de modifier les appréciations émises par lui au sujet du coût comparatif en Allemagne de la force motrice obtenue par l'alcool et par la benzine.

Dans un numéro tout récent, 19 mars, des *Mittheilungen aus der Praxis des Dampfkessel und Dampfmaschinen Betriebes*, au cours d'un article sur l'Exposition de l'industrie de l'alcool qui s'est tenue à Berlin du 2 au 16 février 1902 la comparaison entre le coût de la force avec l'alcool et avec le pétrole est présentée de la manière suivante :

Un bon moteur à alcool peut ne pas dépasser plus de 0,4 *kg* de li-

(1) Pour les réductions en francs, nous avons pris le mark au pair, soit à 1,25, ce qui n'est pas exact rigoureusement, mais l'erreur est négligeable.

quide par cheval-heure effectif on ne dit pas pour quelle force ; c'est donc $\frac{0,4}{0,79} = 0,51\ l.$

L'alcool à 90 0/0 donnant environ 6 000 calories coûte de 15 à 20 marks par hectolitre, ce qui fait 18.75 à 25 centimes le litre. et met le coût du cheval-heure à 9,5 à 12,7 centimes.

D'autre part, le pétrole ordinaire donnant 10 000 calories, coûte environ 20 marks les 100 *kg*, soit 25 centimes le kilog. ce qui donne 8.75 centimes pour le prix du cheval-heure. Le coût du cheval avec l'alcool est donc de 9 à 45 0/0 plus élevé qu'avec le pétrole.

L'auteur est d'avis que ce n'est pas par des avantages économiques que l'alcool devra se faire accepter pour la force motrice, mais pour des considérations d'un autre ordre qui peuvent le faire préférer dans divers cas.

Tunnel du Simplon. — On sait que les travaux de percement du tunnel du Simplon ont été interrompus, à la partie sud, par d'énormes venues d'eau Nous extrayons du treizième rapport trimestriel sur l'état des travaux (31 décembre 1901), qui vient d'être publié, ce qui concerne cette question.

Il n'y a eu, du côté du nord, que de très faibles suintements d'eau, mais du côté d'Iselle, on n'a pas rencontré moins de douze sources. Cependant, depuis le 23 novembre, date de la première rencontre du schiste broyé, aucune nouvelle source ne s'est présentée.

L'énorme pression que plusieurs de ces sourcés ont eue au début de leur apparition prouve qu'on se trouve en présence d'un bassin souterrain existant dans les fissures du gneiss et du calcaire, mais surtout dans ce dernier, en raison de la facilité avec laquelle l'eau élargit par corrosion les fissures aquifères. On se rend compte, sans peine, de la perturbation formidable que la percée d'un tunnel doit provoquer en ouvrant des voies d'eau à près de 700 *m* au-dessous de la surface d'un bassin qui se trouvait jusqu'ici dans un état de stabilité complète, parcouru seulement par les courants d'une circulation interne. Un tel bassin produira un débit croissant au fur et à mesure de l'augmentation du nombre des ouvertures. Ce débit sera maximum et restera presque constant dès le moment où l'on ne créera plus de nouvelles ouvertures. C'est le cas actuellement. Depuis le commencement de novembre, la quantité d'eau est restée à peu près constante entre 900 et 1 000 *l* par seconde. Mais la diminution de certaines sources, les premières rencontrées près de la transversale XIX, sont un prélude de ce qui arrivera aussi pour les autres, au fur et à mesure de l'abaissement de nappe souterraine. Il devra y avoir une décroissance rapide du volume d'eau dès qu'il n'y aura plus de réservoir souterrain, lorsque celui-ci sera vidé et que l'eau des affluents arrivera directement par les fissures. C'est l'approche de ce moment qui est indiqué par le refroidissement croissant des eaux.

Les affluents ne proviennent ni du Lago d'Avino, ni de la Cairasca, ainsi que l'a prouvé l'essai de coloration fait le 3 décembre, mais c'est de l'eau collectée par la surface du Teggiolo et par la vallée sèche de l'Alpe di Valle. Cette surface reçoit assez d'eau de pluie et de neige pour

alimenter une source de 6 000 *l* par minute. Or un groupe de sources de cette importance existait précisément à l'Alpe Membro, sur la rive droite de la Cairasca, à l'altitude de 1 300 *m*. Ces sources, qui coulaient encore avec abondance le 29 octobre 1901, avaient complètement et définitivement tari avant le 20 novembre, prouvant ainsi l'existence d'une nappe souterraine dont le trop-plein se trouvait à 1 300 *m* au moins. Cette influence exercée par la percée du tunnel démontre encore l'extension énorme du réseau des canaux souterrains, puisque le tunnel est à une distance horizontale de plus de 2 *km* de ces sources et à plus de 650 *m* au-dessous de leur niveau.

La formation de ces canaux est due à la corrosion produite par l'eau; la circulation qui va de la surface à plusieurs centaines de mètres peut-être au-dessous du tunnel est le fait de la chaleur souterraine qui fait monter l'eau chaude vers la surface, à l'instar de ce qui se passe dans un thermo-syphon. Par cela même s'expliquent les différences de température des divers filets d'eau sortant à une petite distance les uns des autres. Il devait y avoir des courants montants d'eau chaude et des courants descendants d'eau froide. Les différences de densité de l'eau s'expliquent de même par le passage à travers des roches alternativement calcaires et gypseuses. Quant au refroidissement général qui se manifeste, c'est l'abaissement rapide de la nappe, relativement stagnante, et son remplacement par des chutes d'eau venant directement de la surface avec une rapidité plus grande. Lorsque le réservoir sera complètement vidé, les sources d'eau devront atteindre leur minimum de température.

L'épuisement du réservoir coïncidera avec une décroissance rapide du volume de l'eau. Si les sources de Membro sont les seules ayant servi d'émissaire à la nappe souterraine, ce volume sera de 100 *l* par seconde au minimum et de 150 *l* au maximum. Si d'autres sources, notamment celles de la Prese de Gebbo, sont saignées à leur tour, ce qui est moins probable, il faudrait s'attendre à environ 350 litres-seconde d'eau permanente. Il paraît en tout cas certain que le volume d'eau jaillissant actuellement dans les deux galeries est exceptionnel et qu'il ne se maintiendra qu'autant que durera la vidange du réservoir souterrain.

D'autre part, M. le professeur Schardt, géologue du tunnel du Simplon, a, dans une conférence devant la Société vaudoise des Sciences naturelles, à Lausanne, traité la même question et donné des chiffres intéressants.

Il a fait remarquer que ces déplorables venues d'eau ont coïncidé avec l'approche du calcaire et que, contrairement à ce qui se présente habituellement, la température des sources a baissé avec l'avancement, c'est-à-dire que les nouvelles sources rencontrées sont de plus en plus froides. De plus, les mêmes sources sont devenues de plus en plus froides et cela jusqu'à 11,5° C., alors que normalement la température de l'eau aurait dû être de 36 à 37° C. L'eau a présenté, en outre, et simultanément avec ces modifications de température, une augmentation générale de la densité qui a atteint de 30 à 75 degrés hydrotimétriques. (Un degré hydrotimétrique correspond à un centigramme de calcaire ou 0,014 *g* de sulfate de chaux par litre.

La plus grande quantité d'eau jaillit dans le calcaire entre le kilomètre

4 335 et le kilomètre 4 410. Depuis le 1er octobre 1901 jusqu'à ce jour (19 février) il est sorti de la montagne plus de *dix millions de mètres cubes d'eau*.

Pour mieux faire apprécier l'énormité de ce chiffre, nous avons calculé que ce volume représenterait une hauteur d'eau de 20 *m* sur toute l'étendue du Champ-de-Mars qui est d'environ 500 00 m^2 et de 0,13 *m* sur toute la superficie de Paris, laquelle est de 7 800 *ha*.

Le volume débité en moyenne est de 830 *l* par seconde, ce qui donne en nombre rond 3 000 m^3 à l'heure, ou 72 000 par 24 heures. Ce volume suffirait largement à l'alimentation d'une ville de 150 à 200 000 habitants.

Si on retient le chiffre donné plus haut de 700 *m* pour la différence de niveau du réservoir souterrain et du tunnel, on trouverait que le débit de 830 litres-secondes tombant de cette hauteur représenterait un travail de $\frac{830 \times 700}{75} = 7\,700$ *ch*.

Pendant le mois de février, l'avancement du côté nord a été de 170 *m*, ce qui porte la longueur de la galerie à 6 713 *m*; on traversa le gneiss et les schistes cristallins dans lesquels l'avancement a été en moyenne de 6,07 *m*.

La longueur de la galerie sud est de 4 430 *m* sans variation, de sorte que la longueur totale du percement atteint 11 143 *m* ou 55,5 0/0 de la longueur totale de 19 729 *m*.

Nous croyons intéressant de reproduire pour terminer, une lettre adressée par l'entreprise du tunnel au *Secolo* de Milan, au sujet de bruits inquiétants accueillis par la presse italienne sur l'état des travaux.

« Voici quel était le programme des travaux élaboré par l'entreprise :

	Avancement	
	Annuel.	Total.
1re année du 13 nov. 1898 au 13 nov. 1899. . . .	2 400 *m*	2 400 *m*
2e — 1899 — 1900. . . .	3 700	6 100
3e — 1900 — 1901. . . .	4 100	10 200
4e — 1901 — 1902. . . .	4 600	14 800
5e — 1902 — 1903. . . .	4 930	19 730
6e ann. dern. mois de 1903 au 14 mai 1904. . . .	—	—

» Les derniers six mois sont consacrés à l'achèvement des excavations, des murs de revêtement, de la pose de l'armement, etc.

» Le tunnel a une longueur totale de 19 730 *m*.

» D'après notre programme, approuvé par la Compagnie concessionnaire du Jura-Simplon, nous devions être arrivés aujourd'hui au kilomètre 11 600; nous n'avons percé que 11 150 *m* : différence 450 *m*.

» Comme on voit, c'est une différence insignifiante et qui ne représente qu'un mois de travail ; et puisque nous avons une marge de quelques mois dans les derniers six mois (du 13 nov. 1903 au 14 mai 1904), personne ne peut affirmer que l'entreprise n'ait pas suivi entièrement son programme. Nous admettons que nous ne rencontrerons pas d'autres difficultés. Restent deux bonnes années pour achever l'œuvre et percer en tout 8 600 *m* (chiffre rond) ; tout le monde peut calculer que,

pour atteindre ce but, il nous faudra percer 11,80 *m* par jour pour les deux galeries. C'est là chose tout à fait possible, et prévue au programme de l'entreprise, étant donnée la nature de la roche telle que l'établit le profil géologique officiel, qui ne peut être inexact que sur des points de détail; du côté de Brigue, où les travaux avancent régulièrement selon les prévisions, l'avancement est toujours de plus de 6 *m* par jour.

» Nous ferons de même du côté italien, dès que les difficultés présentes auront été surmontées. »

D'après les renseignements fournis par le bulletin mensuel, que nous recevons au moment où nous corrigeons les épreuves de cet article, le progrès pendant le mois de mars a été de 176 *m* du côté nord et 13 *m* du côté sud, total 189 *m*, ce qui porte la longueur totale du percement à 11 332 *m*.

Au sud, on avait dépassé depuis quelques jours les micaschistes broyés et décomposés formant la mauvaise partie qui s'étendait sur une vingtaine de mètres. On a posé dans cette partie, depuis le 18 janvier, 43 cadres métalliques, dont 17 pendant le mois de mars. Le mercredi 26 mars, on a fait sauter la première mine percée au front d'attaque sud, après quatre mois de travail à la main; on comptait reprendre la perforation mécanique vers le 10 ou 12 avril. Les venues d'eau, quelque abondantes qu'elles soient encore, 816 *l* par seconde en moyenne, ne gênent pas pour le travail.

Le système métrique aux États-Unis. — Nous avons déjà eu plusieurs fois l'occasion de signaler les tentatives faites pour introduire d'une façon plus ou moins complète le système métrique aux États-Unis. Jusqu'ici, ces tentatives ne paraissent pas avoir eu de résultats bien marqués. Nous devons en signaler une nouvelle faite sous la forme suivante.

Une Commission spéciale de l'Institut de Franklin, comprenant plusieurs Ingénieurs très connus aux États-Unis, vient de proposer à l'adoption de l'Institut les résolutions suivantes :

« Attendu qu'il est désirable d'obtenir des types internationaux de poids et mesures et de simplifier et de régulariser quelques-uns des types actuels du pays;

» Attendu que le système métrique est recommandable, non seulement comme type international de poids et mesures, mais aussi par ce qu'il se prête facilement au calcul et à la remémoration et présente une réelle simplicité :

» Il est décidé que l'Institut de Franklin approuve tout mouvement tendant à amener l'introduction universelle du système métrique avec le moins d'inconvénients et de dépenses possible;

» Il est décidé que le Gouvernement National devra faire voter les lois nécessaires pour amener l'adoption du système métrique de poids et mesures comme seul type dans ses différentes administrations, aussi rapidement que le permettront les exigences du service public ».

L'Institut Franklin a fixé une séance pour la discussion de ces propositions; cette séance a dû se tenir dans sa salle, à Philadelphie, le 19 février dernier.

La discussion n'est pas limitée aux membres de l'Institut, car des invitations à y prendre part ont été envoyées à un grand nombre de personnes compétentes, ingénieurs, industriels, commerçants, etc., qui sont priés d'envoyer leur avis par écrit, s'ils ne peuvent pas prendre part à la discussion. On désire avoir ainsi un important mouvement d'opinion.

Il est intéressant de remarquer que jusqu'ici la plus forte opposition à l'adoption du système métrique venait de Philadelphie, et le fait qu'une Commission représentant les plus gros intérêts de cette ville, émet des résolutions aussi favorables est un symptôme encourageant. On peut espérer que la Commission sera fortement soutenue soit dans l'Institut lui-même, soit en dehors.

D'autre part, les journaux américains annoncent que la Commission des Monnaies, Poids et Mesures de la Chambre des Représentants a ouvert une enquête à Washington, enquête relative au système métrique, enquête dans laquelle elle a entendu, les 6 et 8 février dernier, environ trente personnes, appartenant au monde commercial, industriel et manufacturier, lesquelles ont exposé leurs vues sur la question. Parmi ces personnes, on cite : le professeur Elihu Thompson, de la General Electric Company; M. W. M. Mac Farland, Vice-Président de la Westinghouse Electrical Manufacturing Company; M. James Christie, directeur général des Pencoyd Bridge Works; le docteur A. E. Kennelly, Ingénieur électricien de la ville de Philadelphie; M. Henry Trœmmer, fabricant de poids et mesures; M. Corby, représentant des usines d'Arlington, Massachusetts; le docteur Tittmann, directeur du service géodésique et des côtes des États-Unis; le Commissaire des Douanes; le Directeur de la Monnaie et autres. L'avis général des déposants à l'enquête a été favorable à l'adoption du système métrique; on peut citer, toutefois, M. Mac Farland, de la Westinghouse Electric Company, comme opposé à cette adoption.

La Commission entendra encore, sur leur demande, un certain nombre de fonctionnaires du Gouvernement et d'autres personnes, de sorte que l'enquête va continuer encore.

Il faut espérer qu'il finira par sortir quelque chose de pratique de cette campagne, dont l'origine remonte déjà à plusieurs années. Il ne faut pas se dissimuler, néanmoins, que l'opposition à l'adoption obligatoire du système métrique aux États-Unis est toujours très forte. En effet, nous lisons dans le dernier numéro, 6 mars, de l'*Iron Age*, qu'une Commission de l'American Society of Mechanical Engineers, dont font partie deux constructeurs de machines bien connus, MM. Coleman Sellers et Charles T. Porter, ont adressé au Conseil de la Société une lettre datée du 19 février et lui exposent que la rédaction des projets de loi relatifs au système métrique (français) de poids et mesures, indiquant l'emploi obligatoire de ce système, devra faire considérer comme illégal l'usage des mesures actuelles, et qu'il en résultera de grands inconvénients pour l'industrie et de grandes dépenses par suite de la suppression d'une quantité d'étalons, calibres, modèles, etc. Il semble que l'usage facultatif du système, lequel est autorisé depuis plusieurs années, doit donner une satisfaction suffisante à ses partisans. La Com-

mission propose donc que les membres de la Société adressent une protestation motivée au Congrès contre le passage visé des bills n° 2054 et n° 123, en exprimant, dans les termes les plus énergiques, leur opposition à une mesure impliquant des changements aussi préjudiciables pour le commerce et l'industrie du pays.

Certains journaux américains, en parlant de cette protestation, font remarquer qu'elle tombe à faux, parce qu'il n'est question actuellement que de rendre le système métrique obligatoire dans les administrations de l'État, et nullement d'empêcher les particuliers de continuer à se servir des mesures actuelles. Du reste, elle ne saurait constituer une manifestation nouvelle en ce que plusieurs de ses signataires, entre autres M. Coleman Sellers, sont connus depuis longtemps comme adversaires irréconciliables du système métrique et n'ont jamais manqué une occasion de lui faire de l'opposition. Mais la vérité nous oblige à dire que d'autres journaux émettent sur la question des appréciations qui, contenant des critiques tout à fait mal fondées sur le système métrique, prouvent de la part de leurs auteurs une connaissance très incomplète de la matière. Nous citerons notamment un article du *Railroad Gazette* du 28 mars 1902.

Concours pour un projet de matériel roulant de chemin de fer à grande vitesse. — La Société des Ingénieurs Mécaniciens allemands (1) ouvre un concours pour le projet d'un matériel roulant à grande vitesse. Voici les principaux points du programme de ce concours; nous renverrons ceux de nos Collègues que la question intéresserait au numéro du 1er mars des *Annalen fur Gewerbe und Bauwesen*, où le programme est donné *in extenso*.

Le projet doit comprendre une étude complète de locomotive à vapeur pouvant traîner en palier et alignement droit une charge de 180 *t* environ, machine et tender non compris, à une vitesse de 120 *km* à l'heure. La vitesse devra pouvoir s'élever au maximum à 150 *km*. La machine devra pouvoir faire des parcours de trois heures sans arrêt; l'alimentation d'eau se fera en marche par des prises d'eau distantes de 120 *km*.

Il y aura ensuite une étude complète d'un matériel de transport pouvant supporter avec sécurité et stabilité une vitesse maxima de 150 *km* à l'heure. Le train ne comportant qu'une seule classe devra pouvoir recevoir 100 voyageurs et leurs bagages. La ventilation, le chauffage et l'éclairage devront être assurés dans de bonnes conditions.

On devra tenir compte dans l'étude du matériel des règlements d'exploitation des grands chemins de fer allemands et des prescriptions techniques de l'Union, *Technischen Vereinbarungen*.

Les dessins d'ensemble devront être faits à l'échelle de 1 à 20 et les dessins de détail aux échelles de 1 à 1, 1 à 5 et 1 à 10.

Il y aura trois prix, le premier de 5000 marks, le second de 3000 et le troisième de 2000.

Les projets devront être remis au plus tard le 1er décembre 1902 à midi, à la Société des Ingénieurs Mécaniciens allemands, à Berlin.

(1) Cette Société *Verein Deutscher Maschinen Ingenieure* n'est pas la Société des Ingénieurs allemands *Verein Deutscher Ingenieure*.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Février 1902.

Rapport de M. Le Chatelier, sur **un projet d'études géologiques des gisements d'argile de la France.**

L'importance de l'argile pour les industries céramiques dont elle constitue la matière première indispensable rend très utile et intéressante une description méthodique des principaux gisements de la France. Le rapport propose de confier cette étude à M. Laville, aide-préparateur aux collections de géologie de l'École des Mines. Une somme de 3000 *f* est mise à sa disposition pour ce travail.

L'éclairage et le chauffage par l'alcool au concours de 1901, par M. Lindet.

Dans cette conférence faite le 27 décembre 1901, l'auteur fait d'abord observer que tous les appareils d'éclairage et de chauffage peuvent être ramenés à deux types ; ceux qui brûlent l'alcool liquide à l'extrémité d'une mèche et ceux qui le gazéifient au préalable et le brûlent à l'état gazeux. Description est donnée, à titre d'exemple, d'un certain nombre d'appareils des deux types, tant pour chauffage que pour éclairage, avec des tableaux donnant les consommations d'alcool. L'auteur termine par quelques considérations sur la question économique qui, au moins pour l'éclairage, lui parait un peu secondaire. La question de prix est loin d'être la seule considération qui intervienne dans le choix d'une lumière ; il convient de prendre aussi en considération la propreté, l'absence d'odeur, etc., qui peuvent donner l'avantage à l'alcool dans bien des cas.

État actuel de la question des ordures ménagères dans les divers pays, par M. A. Livache.

Les modes de traitement des ordures ménagères en usage actuellement sont au nombre de deux : le traitement par incinération et le traitement par réduction ; ce dernier n'a encore été appliqué qu'aux États-Unis.

La note décrit les divers types de destructeurs par incinération employés et donne une nomenclature des principales villes dans lesquelles est pratiqué ce traitement en y joignant des renseignements sur les installations. On trouve ensuite des chiffres sur le prix de revient de l'opération et des considérations intéressantes sur la production de vapeur au moyen de la chaleur de l'incinération et la combinaison de destructions d'ordures et de stations électriques.

Nous croyons devoir reproduire ici les conclusions données par l'auteur sur le traitement par incinération :

1° Sauf dans des conditions toutes spéciales telles que celles qui se présentent pour Berlin, où les produits terreux provenant du balayage des chaussées ne sont pas séparés des produits traités, les ordures ménagères peuvent être incinérées sans addition de combustible ;

2° Quel que soit le type de destructeur employé, les frais d'incinération varient dans des limites très larges, de 1,91 à 0.66 *f* la tonne, par suite des variations de composition des ordures ;

3° Avec les destructeurs actuels, marchant à haute température, on peut utiliser la chaleur résultant de l'incinération pour produire de la vapeur ; il semble résulter des expériences faites que la quantité de vapeur produite, pour un même poids d'ordures, est notablement plus élevée avec certains types de destructeurs et de chaudières ;

4° L'utilisation des scories peut être tentée avantageusement, mais, dans la plupart des cas, elle sera limitée par les moyens de débouchés immédiats ;

5° La combinaison de destructeurs et de stations électriques ne semble être avantageuse que lorsque les exigences électriques ne durent qu'un temps limité, ainsi que c'est le cas pour la conduite des engins mécaniques de l'usine même ; au contraire, elle cesse d'être recommandable lorsqu'on se trouve en présence de modifications brusques de la consommation électrique, comme c'est le cas pour les stations d'éclairage.

La note décrit ensuite le traitement dit par réduction dans lequel on enlève aux ordures la graisse qu'elles contiennent pour les utiliser après dessiccation comme matières fertilisantes. Un certain nombre de procédés sont employés dans ce but, les uns se servent de vapeur, les autres de naphte et de benzine comme dissolvant des matières grasses.

On a essayé de transformer le garbage, débarrassé des matières grasses, en coke et de récupérer l'ammoniaque. Ces essais, faits à Boston, ont été interrompus par l'incendie de l'usine.

Le traitement par réduction est préféré en Amérique probablement à cause de la composition différente des ordures et à cause de la séparation, faite chez les habitants, des parties riches comme combustibles et des parties riches en matières organiques. Ce traitement, conduit avec soin, ne cause aucune incommodité pour le voisinage et, appliqué à des ordures de composition convenable, est certainement plus rémunérateur que le procédé par incinération.

On peut dire, comme conclusion, que le choix à faire d'un des deux modes de traitement résulte surtout de conditions locales et ne peut être déterminé qu'après une étude approfondie. Mais, dans des cas bien déterminés, lorsqu'il s'agit d'ordures ménagères riches en détritus organiques, le traitement par réduction semble tout indiqué.

Étude sur la **fusibilité des cendres des combustibles**, par MM. H. Le Chatelier et Chantepie.

On sait que la fusibilité des cendres est une source de sérieuses difficultés dans l'emploi des combustibles, surtout à cause de l'encrasse-

ment des grilles. Les auteurs ont fait leurs recherches en opérant sur des cônes faits avec les cendres réduites en poudre et agglomérées : ces cônes sont fondus dans un four à gaz à récupération ; la température est mesurée par l'observation de la fusibilité de mélanges à base d'argile, connus sous le nom de *Montres de Soyer*.

Il a été reconnu que sauf de rares exceptions, les températures de fusion des cendres de houille sont comprises entre 1 100 et 1 500°. La fusion visée ici est le ramollissement tel, qu'un prisme étroit de quelques centimètres de hauteur s'affaisse notablement sous son propre poids.

Les marines de guerre moderne, par M. L. DE CHASSELOUP-LAUBAT.

Cette partie est consacrée à la marine russe.

Sur **la fusibilité de quelques alliages métalliques**, par M. S. KURNAKOW et M. A. PUCHINE.

Notes sur **les alliages de fer et de cuivre** d'après M. J. S. STEAD.

L'auteur donne un historique des divers documents relatifs aux alliages de fer et de cuivre et des renseignements sur les procédés employés pour la fabrication de ces alliages, ainsi que les résultats des recherches micro-chimiques faites par lui sur la question. Ses expériences ont montré que le fer et le cuivre s'allient en toute proportion par fusion directe, sans qu'il y ait jamais tendance à la séparation des éléments en deux couches liquides conjuguées.

La série complète de ces alliages peut se diviser en trois sections selon la composition en fer et en cuivre.

Notes de mécanique. — On trouve dans ces notes la description de la station électrique de Waterside, à New-York, d'une puissance normale de 85 000 *ch* : une étude sur les diagrammes de marteaux-pilons d'après le Z. V. D. I. et une note sur la machine-outil moderne, d'après M. L. Orcutt.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

3me trimestre de 1901.

Les installations hydro-électriques dans la région des Alpes, par M. DE LA BROSSE, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Il s'agit de notes recueillies au cours d'une mission exécutée par la Commission des chemins de fer du Conseil général du Puy-de-Dôme pour obtenir des renseignements utiles pour l'aménagement éventuel des forces hydrauliques du département.

La Commission n'a pas visité moins de vingt installations pour applications diverses : éclairage, traction, électro-chimie, distribution de

force, certaines comprenant plusieurs applications et une ou quelques-unes toutes.

Le cadre de ce compte rendu ne nous permet que de mentionner les noms des usines visitées. Ce sont, d'abord sur le Rhône, l'usine de Jonage et les deux usines de la ville de Genève, la Coulouvreniere et Chèvres, dont la dernière a distribué en 1899, un total de 11,430 *ch* pour électro-chimie, force motrice et éclairage; puis l'usine du Giffre et les usines de l'Arve en Savoie, celles de Chapouillan et de Pontcharra et l'usine de Lancey, près de Grenoble, qui utilise une chute de près de 500 *m* sur 12 turbines d'une puissance de 4 000 à 5 000 *ch* pour la production de la pâte de bois et celle des chlorures et hypochlorites alcalins qui servent au blanchiment de la pâte; vint ensuite l'usine de Livet (Isère), puis l'utilisation des forces du Drac, usines d'Avignonet et de Champ.

Les usines visitées présentent des solutions très diverses, par exemple: celle des grands fleuves, grands débits et chutes faibles, celle des ruisseaux de montagne, faibles débits mais avec chute de 500 à 600 *m*; enfin une solution moyenne utilisant des débits modérés avec des chutes d'importance intermédiaire.

Il faudrait ajouter l'emploi de barrages, créant presque sur place, comme à Avignonet, une chute de 20 à 25 *m*.

L'emploi de conduites forcée en tôle d'acier joue actuellement un rôle important, mais il nécessite de grands soins pour l'établissement et l'emploi. Les transports à distance s'allongent de plus en plus; il y a dix ans, on trouvait dans 20 à 30 *km* la limite des rendements acceptables; aujourd'hui, avec des voltages de 20 000 et 25 000 voltes, on aborde 100 *km* et on les dépasse déjà.

La note se termine par quelques considérations sur les applications au département du Puy-de-Dôme où on trouve une série de chutes d'eau encore à peu près entièrement disponibles.

Vision des feux associés par M. C. de Joly, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Les feux associés qu'on a employés en France à une certaine époque appartenaient à deux catégories : celle des feux groupés et celle des feux de direction ou d'alignement. On a abandonné depuis longtemps les premiers, dès que les progrès apportés à la construction des appareils de phares ont permis de multiplier les caractères des feux et de différencier aisément les phares isolés. La note ne s'occupe donc que des feux d'alignement.

Léonce Reynaud et ses collaborateurs avaient, à la suite d'études sur la question, formulé des règles pour la disposition à donner aux feux associés. Ces règles donnent lieu à de sérieuses difficultés d'application, lesquelles se sont fréquemment traduites par des dépenses élevées. Aussi feu M. l'Inspecteur général Bourdelles, alors directeur des phares et balises, avait-il prescrit une étude nouvelle de la question de la visibilité et de la sensibilité des feux d'alignement.

L'auteur, chargé de réunir les éléments de cette étude, expose, dans la présente note, les conclusions auxquelles on est parvenu. L'étude se

divise en trois parties : celle de la vision du feu d'un phare en général, la détermination de l'angle de vision distincte de deux feux associés, et la vision de deux feux l'un en dessus de l'autre. La conclusion consiste dans l'abandon de la seconde des règles condensées dans la formule de Reynaud et dans la substitution à cette règle de certaines considérations pour lesquelles nous renverrons aux *Annales*, le sujet étant d'un ordre très spécial.

Conférence sur **l'Expérimentation des ponts**, par M. Rabut, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Cette conférence a été faite en 1900 au Congrès de mécanique appliquée. L'auteur y décrit les procédés qui servent à l'enregistrement des déformations des charpentes métalliques, ces déformations affectant trois formes et donnant lieu à trois genres d'instruments. On mesure, en effet, les flèches, c'est-à-dire les déplacements linéaires de la pièce dans le sens perpendiculaire à son axe, les déplacements angulaires dont la mesure est moins souvent pratiquée, mais souvent très intéressante, et enfin les déformations locales. On trouve la description des divers appareils et des considérations très intéressantes sur les applications et les phénomènes que font connaître les recherches ainsi effectuées. Nous ne saurions manquer de signaler ici l'hommage rendu par M. Rabut au pont d'Asnières, l'œuvre d'Eugène Flachat, le premier pont en tôle des chemins de fer français : « Ce beau pont d'Asnières, mis en suspicion, il y a quelques années, sur la foi du calcul usuel où les poutres sont, à tort, envisagées séparément, doit, au contraire, être considéré comme un des plus solides et des plus excellemment construits de notre réseau ferré. L'excès de résistance que l'application des règles usuelles a fait donner à ces maîtresses poutres leur permet d'affronter aujourd'hui sans risque des surcharges dont la masse et la vitesse ont sensiblement augmenté; seules, les diagonales des contreventements transversaux qui assurent leur solidarité subissent de ce fait un supplément de fatigue. La mise hors de discussion de la solidité du pont d'Asnières, qui a été la conséquence d'une étude expérimentale, malgré les indications pessimistes du calcul, n'est pas un résultat de petite importance; ce pont donne en effet passage, à lui seul, à toutes les lignes issues de la gare Saint-Lazare et se dirigeant hors Paris. C'est, de tous les ponts de France, celui dont la défection causerait le plus grand trouble. »

L'auteur insiste sur les services que l'étude des déformations locales a rendus dans beaucoup de cas en permettant d'apprécier les points faibles d'une structure métallique. Il cite le cas du viaduc d'Eauplet, sur la Seine, près de Rouen, ouvrage en fonte, condamné par le calcul qui indiquait une tension excessive dans les reins des voûtes. Après examen attentif, on a constaté que les déformations réelles étaient très inférieures aux déformations calculées, et l'emploi de consolidations peu coûteuses dans des parties un peu trop fatiguées a permis de conserver un ouvrage dont la démolition et la reconstruction eussent été très onéreuses, car la dépense n'était pas estimée à moins de quatre millions.

On doit tenir compte désormais de la *solidarité* qui existe entre les diverses parties des ponts, solidarité dont les méthodes actuelles de cal-

cul ne tiennent pas suffisamment compte, et les méthodes nouvelles d'expérimentation constituent pour ainsi dire la *médecine des ponts*, permettant de remédier aux défauts locaux de ceux-ci, au lieu de prononcer des condamnations sommaires.

Notice sur **le chemin de fer électrique du Fayet à Chamonix** et à la frontière suisse, par M. Geoffroy, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Sous-Directeur de la Compagnie P.-L.-M.

La ligne du Fayet à Chamonix, ouverte l'été dernier, a 20 *km* de longueur ; elle est à voie de 1 *m*; le rayon des courbes est au minimum de 150 *m* et en dehors de deux rampes exceptionnelles de 8 et 9 0/0, la première sur 1 386 *m* et la seconde sur 2 155 *m* de longueur, les déclivités ne dépassent pas 2 0/0. La traction se fait par adhérence, mais la descente sur les fortes rampes est réglée par un frein à mâchoires serrant un rail central. Les véhicules sont automoteurs pouvant fonctionner isolément ou être groupés en train ; ils sont munis chacun de deux moteurs de 46 kilowatts agissant chacun sur un essieu ; le courant est formé par un rail latéral isolé.

Il y a un assez grand nombre d'ouvrages d'art dont un viaduc en maçonnerie formé d'une arche de 25 *m* et de sept autres de 15 *m* avec 54 *m* de hauteur au-dessus du lit de la rivière, et divers ponts métalliques de 45, 40, 34, 25 et au-dessous d'ouverture, plus trois souterrains de 65 à 126 *m* de longueur.

La voie est en rails d'acier de 34,4 *kg* le mètre, de 12 *m* de longueur normale, posés sur quinze traverses. Le rail central pour frein est du même modèle, ainsi que le rail de prise de courant.

Il y a deux usines de force motrice. Celle de Servoz comprend quatre dynamos à courant continu, actionnées chacune par une turbine à axe horizontal, et deux dynamos auxiliaires également à courant continu, actionnées chacune par une turbine à axe horizontal. Trois des grosses dynamos assurent le service du chemin de fer; la quatrième est de réserve. La force disponible, est, en été, de 4 500 *ch*, produite par une dérivation de l'Arve, l'eau étant amenée par des conduites forcées de 0,95 *m* de diamètre, sous une chute totale de 40 *m*.

Une seconde usine, celle des Chavants, a été créée à quelques kilomètres de la première, pour doubler celle-ci en cas de besoin. Elle utilise une chute de 95 *m* et comporte quatre dynamos à courant continu, actionnées chacune par une turbine à axe horizontal, et deux dynamos auxiliaires. L'eau est amenée par des galeries souterraines auxquelles succèdent des conduites forcées de 0,80 *m* de diamètre. Cette usine peut donner 10 800 *ch* en été et 5 600 en hiver.

La ligne coûte 8 millions et demi de francs, soit 447 000 *f* par kilomètre, sans les usines, qui coûtent ensemble 2 millions de francs en chiffres ronds.

Notes sur la **construction du viaduc du Viaur** (ligne de Carmaux à Rodez), par M. Théry, Ingénieur des Ponts et Chaussées.— Troisième partie.

Cette partie s'occupe des calculs et en outre donne les détails les plus

complets sur la détermination des charges qui agissent et des diménsions correspondantes des pièces du tablier, des fermes, contreventements, etc.

Étude sur **la résistance des barrages en maçonnerie**, par M. René Raffieux, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Il s'agit d'une rectification à une erreur contenue dans un mémoire de l'auteur publié dans le premier trimestre de 1901 des *Annales*. Cette erreur n'affectait d'ailleurs en rien les conclusions de ce mémoire.

Neuvième congrès international de navigation devant se réunir à Dusseldorf en 1902.

Ce congrès doit se tenir du 29 juin au 4 juillet. Le programme des travaux et celui des excursions est donné ici. Il y a deux sections : navigation intérieure et navigation maritime. La première comprend trois questions : Moyens de racheter les grandes différences de niveau, droits de navigation et diminution de valeur des combustibles, par suite du transport par bateau. La seconde section a aussi trois questions : Frais de construction et d'entretien des postes d'écluses en fer et en bois, installation des docks et trafic par chalands maritimes remorqués.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Février 1902.

District du Nord.

Réunion du 15 novembre 1901 à Douai.

Communication de M. Jardel, sur **une étude des terrains du Nord à Carvin et à Annezin.**

Cette communication présente un grand intérêt en ce que l'auteur a cherché à préciser les caractères qui permettent de reconnaître le terrain houiller inférieur, lequel précède immédiatement le calcaire carbonifère, et a indiqué les précautions qu'il a prises pour exécuter des recherches du côté du calcaire. On connaît la gravité des dangers que présente, pour les fosses du nord du bassin, le voisinage du calcaire carbonifère, les eaux de ce calcaire pouvant envahir les travaux avec une rapidité extraordinaire et amener des accidents très graves dont on a eu des exemples aux mines de Lens en 1882 et aux mines d'Annezin en 1900.

Communication de M. Deverne sur **les moyens employés pour extraire à grande profondeur.**

L'auteur indique sommairement les dispositions essentielles adoptées par la Compagnie de Douchy dans l'installation d'un puits de 800 *m* de profondeur, où on doit remonter une charge totale de 10 000 *kg*.

Communication de M. Baily, sur **des essais de havage mécanique aux mines de Marles.**

Les essais ont commencé avant 1900 et ont porté sur cinq systèmes de haveuses toutes actionnées par l'électricité. On peut conclure de ces essais que, pour les gisements du Nord et du Pas-de-Calais, où la plupart des couches sont peu puissantes, assez inclinées, généralement disloquées, avec toit souvent inconsistant, il y a lieu de supposer que seuls pourront être appliqués, sur une échelle assez étendue, les appareils à rendement plus modeste : tel serait le cas, peut-être, de celui qu'on emploie dans le Nord, et notamment à Anzin.

Communication de M. Bar sur **la haveuse Eisenbeiss.**

Cette haveuse consiste en une perforatrice qui se déplace angulairement sur un secteur, lequel est supporté par un affût-colonne. Elle a été essayée aux mines de Courrières. La manœuvre en est très facile, mais l'économie de son emploi reste douteuse, et elle présente un inconvénient assez grave, l'obligation de miner constamment, ce qui crée des chances bien plus grandes d'accident que le travail au pic.

District de Saint-Étienne.

Réunion du 8 février 1902.

Communication de M. Leseure sur **l'Exploitation des mines par l'État**

Il s'agit de l'analyse d'un ouvrage de M. Weiss, Ingénieur au corps des Mines, ouvrage dont la plus grande partie est consacrée à la description de l'organisation technique et commerciale des mines fiscales de Saarbruck; il se termine par des considérations sur l'opportunité présente ou future, sur les inconvénients ou les avantages de l'exploitation des mines par l'État.

Tout en rendant justice au talent de M. Weiss et à la plus grande partie des conclusions posées par lui, M. Leseure pense qu'il ne faut pas perdre de vue que, si l'exploitation fiscale de Saarbruck a donné d'assez bons résultats, inférieurs d'ailleurs à ceux des exploitations privées de la Westphalie, cela tient surtout aux circonstances qui l'ont favorisée et qu'on ne rencontrerait certainement pas ailleurs. Il suffit d'indiquer : l'autonomie absolue des chefs d'inspection, l'appui énergique et sans condition des autorités provinciales en cas de conflit ou de grève, la discipline en quelque sorte militaire imposée au personnel, des salaires très inférieurs à ceux des autres mines, etc.

Il est bien invraisemblable que, si l'élévation des prix de revient, provenant de l'accroissement des salaires et des charges sociales, tendait à faire hausser le prix des charbons, le remède à cette situation put être dans l'exploitation par l'Etat qui exploite toujours dans de moins bonnes conditions que l'industrie privée. En cas de déficit, ce serait encore le budget qui serait appelé à le combler. On ne voit guère quels avantages en tireraient l'industrie consommant du charbon et la fortune publique.

Communication de M. Leseure sur **l'historique des mines de houille du département de la Loire.**

Communication de M. Bresson sur **la Commission royale du charbon en Angleterre.** (Note traduite du *Colliery Guardian.)*

Communication du même sur **les progrès de l'électricité dans les mines anglaises en 1901.** (Également traduit du *Colliery Guardian.)*

Communication de M. Verney sur **un appareil pour éprouver la fermeture des lampes de sûreté.** (Note traduite du *Colliery Guardian.)*

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 9. — *1 mars 1902.*

Les installations électriques de Berlin en 1902, par L. Datterer *(suite).* Les chemins de fer électriques aérien et souterrain à Berlin, par Langbein *(fin).*

Exposition universelle de 1900. — Les locomotives, par E. Bruckmann *(suite).*

Groupe du Rhin inférieur. — Surveillance des installations de chauffage au moyen de l'appareil « Ados ».

Revue. — Développement à l'extérieur de l'emploi des locomotives américaines. — Cylindres creux pour laminoirs.

N° 20. — *8 mars 1902.*

Résistance des fonds emboutis à des pressions extérieures, par C. Bach.

Installations d'épuisement à vapeur à Rotterdam.

Progrès de la construction des machines-outils en Allemagne, par F. Ruppert.

Emploi de l'électricité pour l'éclairage et le transport en temps de guerre, par F. Otto.

Exposition universelle de 1900. — Les machines de filature, par G. Rohn *(suite).*

Groupe de Francfort. — Les tarifs de douane.

Groupe de Siegen. — Le nouveau phare de Borkum.

Groupe de Thuringe. — Le développement technique de la marine allemande.

Assemblée générale de l'Association des maîtres de forges allemands, le 16 février 1902, à Dusseldorf.

Bibliographie. — Développement et applications de la surchauffe de la vapeur, par Stach.

Revue. — Machine d'extraction avec bobines et câbles plats. — Indicateur à rayon lumineux. — Développement de l'emploi des locomotives américaines en Europe.

N° 11. — *15 mars 1902.*

Exposition internationale de Glasgow *(suite).*

Résistance des fonds emboutis à des pressions extérieures, par C. Bach *(fin).*

Exposition universelle de 1900. — Les locomotives, par E. Bruckmann *(suite).*

Emploi dans les machines à vapeur à grande vitesse de régulateurs placés sur l'arbre, par J. Finkel.

Exposition universelle de 1900. — Les machines de filature, par G. Rohn *(fin).*

Dispositions de ressorts pour aiguilles de tramways, par W. Wirtz.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Aperçu sur le rôle de la dynamique dans la science de la résistance des matériaux.

Groupe du Rhin inférieur. — Chemin de fer monorail de Lehmann.

Bibliographie. — Manuel des sciences de l'Ingénieur. Cinquième partie. Les chemins de fer.

Revue. — Le frein à haute pression Westinghouse. — Frein à air comprimé avec manœuvre électrique.

Correspondance. — Emploi de l'alcool comme force motrice. — Aperçu sur le calcul des moteurs à gaz.

N° 2. — *22 mars 1902.*

Dragues de construction récente, par R. Wels.

Exposition internationale de moyens de protection contre l'incendie, à Berlin en 1901, par Kaemmerer et Meyer *(suite).*

Transmission de la chaleur dans la vaporisation de l'eau, par H. Claufsen.

Exposition universelle de 1900. — Les machines pour la teinture et les apprêts, par G. Rohn *(suite).*

Nouveau mélangeur pour la fonte en fusion, par Nockher.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Alimentation d'eau des habitations.

Bibliographie. — Charpentes et couvertures, par Zimmermann.

Revue. — Cheminée en métal en Amérique. — Nouveau four pour l'incinération des ordures ménagères.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

IIe SECTION

Les Locomotives à l'Exposition de 1900, par MM. F. Barbier et R. Godfernaux. (1).

Bien qu'une partie des matières composant le volume dont nous nous occupons ici ait déjà paru dans la *Revue Générale des Chemins de fer et des Tramways*, sous forme de monographies de locomotives rédigées par les auteurs et de notices préparées par les Compagnies de chemin de fer sur le matériel exposé par elles en 1900, il n'en constitue pas moins un ouvrage d'ensemble des plus intéressants et sur lequel il nous a paru utile d'appeler l'attention de nos Collègues. En effet MM. Barbier et Godfernaux ne se sont pas contentés de reproduire purement et simplement les documents dont nous parlons, ils les ont classés méthodiquement, condensés et développés sur certains points et les ont fait précéder d'une introduction très bien faite dans laquelle se trouvent exposés, d'une part les progrès très sérieux réalisés dans le matériel de traction des chemins de fer depuis la précédente exposition, celle de 1889, et d'autre part, les tendances actuelles de la construction des locomotives telles qu'on peut les dégager de l'imposante réunion de machines de ce genre qui figurait à Vincennes en 1900.

On sait que jamais pareille quantité de locomotives n'avait été mise sous les yeux du public et, ce qui est non moins intéressant, c'est que toutes ces machines, sauf d'assez rares exceptions, appartenaient à des types d'un usage courant dont les pays qui les exposaient.

Quand on se remémore cette splendide exposition de Vincennes, on a de la peine à comprendre, soit dit en passant, que cette imposante manifestation d'une industrie qui a amené la plus grande révolution que le monde ait encore vue ait pu être, de gaieté de cœur et sous des prétextes plus ingénieux que solides, exilée à 10 kilomètres du Champ-de-Mars. Le précédent de Tervueren, en 1897, ne pouvait suffire à justifier cette détermination fâcheuse.

Après cette introduction, qui constitue un résumé très bien fait de la question de la construction des locomotives et de l'influence du développement de leurs diverses parties sur l'augmentation de la puissance, augmentation qui constitue, comme on le sait, la caractéristique de ce genre de machine à l'exposition de 1900, vient la description très détaillée des diverses locomotives exposées, les locomotives à vapeur d'abord, puis les locomotives et les automobiles électriques dont un certain nombre figuraient à Vincennes. Le principe de la classification est la réunion par pays suivant l'ordre alphabétique, puis, dans chaque pays, la division par nombre d'essieux. Ces descriptions sont aidées par la

(1) In-4°, 320 × 225 de 313 pages, 124 figures et 73 planches. Paris, Vve Ch. Dunod, 1902; prix broché : 30 *f*.

présence de 124 figures dans le texte, de 73 planches et de plusieurs grands tableaux résumant les dimensions des machines.

Cet ouvrage est certainement le plus complet qui ait été publié sur les locomotives à l'exposition de 1900 et nous devons savoir le plus grand gré à ses auteurs du don qu'ils ontbien voulu en faire à la Bibliothèque de la Société.

A. Mallet.

IIe SECTION

Aide-Mémoire du Mineur et du Prospecteur, par Paul-F. Chalon, Ingénieur des Arts et Manufactures. Nouvelle édition entièrement refondue (1).

Résumer dans un livre de poche les données usuelles servant au Mineur dans le travail courant et dans celui de la prospection, en lui rappelant plutôt qu'en lui enseignant les matières trop nombreuses qui sont d'un usage courant, et que le praticien doit déjà connaitre, tel était le but que s'était proposé l'auteur lors de la première édition de ce livre. Dans cette nouvelle édition, il a ajouté nombre de choses qui ont un peu trop augmenté l'aide-mémoire pour qu'il puisse continuer à être porté constamment dans la poche; mais l'ouvrage y a gagné en mise au courant du progrès, et l'on ne saurait lui en faire un reproche.

Des notions de géologie pratique forment le début de l'ouvrage. L'auteur y a donné une classification des terrains sédimentaires, dans laquelle il a, contrairement à l'habitude des géologues, donné la succession des terrains dans l'ordre descendant, plutôt que dans l'ordre chronologique. Les terrains les plus récents sont ainsi au sommet, et l'œil et la mémoire y trouvent leur compte.

On trouve ensuite divers chapitres sur la description des minéraux, des roches, des minerais usuels et rares, avec une partie chimique donnant les essais de ces derniers. Ensuite viennent des indications utiles sur le programme à suivre par une exploitation minière, quelques données sur les sondages et les prospections, l'abatage, le percement des galeries, le fonçage des puits, et enfin les services accessoires d'une mine, aérage, éclairage et exhaure. Puis l'on trouve des données particulières sur les grands services du fond : extraction, transport au fond, matériel et méthodes d'exploitation. Les nouveaux facteurs de la puissance, l'air comprimé et l'électricité, sont traités séparément.

L'ouvrage comporte ensuite un chapitre sur le levé des plans, puis sur la législation des mines en France.

Pour terminer, des tableaux de chiffres usuels pour éviter les calculs ou les faciliter, et un glossaire des mots techniques en français, anglais et espagnol.

De nombreuses bibliographies terminent chaque chapitre et donnent la possibilité de pousser plus loin ses recherches si les documents très condensés de l'aide-mémoire ne suffisent pas dans le cas examiné.

A. de Gennes.

(1) In-16, 165 × 105 de xii-412 pages. Paris, Ch. Béranger, 1902; relié : 7,50 *f*.

IVe SECTION

Règle à Calculs A. Béghin, modèle spécial (1).

M. A. Béghin publie la seconde édition de l'Instruction qui accompagne son modèle spécial de Règle à calculs, dont il a été rendu compte dans la bibliographie du *Bulletin* d'avril 1899. La règle elle-même est restée ce qu'elle était, et sa description est complétée par de nouvelles figures intercalées dans le texte.

Ce qui distingue surtout la seconde édition de la première, c'est : 1° la recherche des positions relatives de la règle et de la réglette correspondant au minimum des déplacements et à la plus grande précision des lectures ; 2° le plus grand nombre d'exemples choisis parmi les questions usuelles d'arithmétique, d'algèbre, de géométrie, de trigonométrie, et parmi les problèmes pratiques de comptabilité, de mécanique appliquée, de chauffage, d'électricité et de chimie industrielle.

Une instruction de ce genre est l'indispensable accompagnement de la règle Béghin, si l'on désire étudier à fond le fonctionnement et utiliser toutes les ressources de cet ingénieux instrument.

M. Duplaix.

Droit commercial et Législation industrielle, par M. Louis Martin, professeur libre de Droit, député (2).

La bibliothèque d'un industriel n'est complète que lorsque, à la suite des ouvrages techniques relatifs à sa profession, elle contient quelques ouvrages de Droit pratique. Journellement dans les affaires, on se trouve en présence de difficultés où le simple bon sens ne suffit pas pour trouver une solution de nature à éviter un mauvais procès; il faut avoir un renseignement que le livre de Droit donne de suite et le plus souvent d'une façon suffisante. Si le conflit est trop important pour être tranché ainsi, la lecture du livre de Droit aura été profitable à l'industriel, elle l'aura mis au courant de la question et s'il s'adresse à un jurisconsulte, il précisera bien mieux le point du litige et en exposant les faits et en citant l'auteur qu'il aura consulté.

Les ouvrages juridiques à l'usage des industriels sont peu nombreux, en effet ils doivent être simples, facilement compréhensibles pour des personnes qui n'ont pas spécialement étudié le Droit, tout en étant cependant très complets. Généralement les ouvrages de Droit sont faits soit pour les étudiants, soit pour les jurisconsultes. Les ouvrages destinés aux étudiants exposent surtout des théories savantes destinées à faire raisonner le lecteur; ceux destinés aux jurisconsultes ont surtout en vue de fournir des documents raisonnés sur la pratique des affaires et

(1) In-8°, 255 × 165 de 109 pages. Paris, Ch. Béranger 1902. Deuxième édition, prix broché : 1,50 *f.*

(2) In-16, 185 × 125 de VIII-671 pages. Paris, Vve Ch. Dunod, 1901 ; prix relié : 10 *f.*

l'esprit suivant lequel jugent les Tribunaux et les Cours d'appel. Les livres de Droit destinés aux industriels doivent contenir juste assez de théorie pour permettre de comprendre l'esprit des décisions judiciaires et d'en saisir toute la portée pratique, mais sans longues dissertations.

Le livre de Droit commercial et Législation industrielle que M. Louis Martin a fait paraitre dans la Bibliothèque des conducteurs de travaux publics, semble inspiré des idées qui précèdent.

Dans le Droit commercial il y a beaucoup de choses intéressantes à consulter, mais il y a surtout les chapitres relatifs aux droits des créanciers dans les faillites, aux Sociétés et principalement à celles par actions; il est indispensable pour un homme dans les affaires d'avoir des idées nettes sur toutes ces questions.

Si on trouve des ouvrages succints et bien faits sur le Droit commercial, il n'en est pas de même pour la Législation industrielle. Le volume de M. Martin est un des premiers qui soit publié en réunissant les diverses matières qui s'y rapportent : législation du travail, contrats industriels, propriété industrielle. Il est regrettable que l'auteur ait omis de parler des machines à vapeur, des moteurs hydrauliques et de l'électricité. La législation du travail traite d'un grand nombre de questions que je ne puis qu'indiquer: coalitions, arbitrages, Syndicats, Chambres de commerce, Bourses du travail, réglementation du travail dans les ateliers et manufactures, travail dans les mines, responsabilité des accidents.

L'ouvrage de M. Martin est un résumé clair et précis que les industriels et les ingénieurs pourront consulter avec profit, quand ils voudront se renseigner sur un point de Droit commercial ou de législation industrielle, mais qui ne saurait les dispenser de prendre avis d'un jurisconsulte dans le cas où la contestation qui les occuperait menacerait de dégénérer en procès.

G. Féolde.

La question de l'eau potable devant les municipalités, par M. P. Guichard (1).

L'auteur donne les résultats d'une enquête entreprise dans les principales villes de France pour établir quels sont les différents procédés employés par les municipalités en vue de purifier l'eau d'alimentation.

L'enquête, qui a porté sur 26 villes diverses, démontre que la grande majorité de ces villes se trouvent pourvues d'une eau de mauvaise qualité, et que les moyens de purification employés sont nuls ou comportent seulement une filtration sur sable souvent mal faite, et illusoire.

Pour être fidèle au principe qu'il énonce en tête de son ouvrage : que toute eau doit être purifiée avant d'être consommée; en présence de l'incurie des pouvoirs publics, l'auteur arrive à cette conclusion :

« *Purifiez vos eaux vous-mêmes.* »

X. Gosselin.

(1) In-8°, 190 × 120 de 191 p. Paris, Gauthier-Villars, Masson et Cie; prix broché : 2,50 *f*.

Ve SECTION

Cours d'électricité, par M. H. Pellat (1.)

Cet ouvrage est un cours complet d'Électricité divisé en trois parties :

La première comprend l'électrostatique, les lois d'Ohm et la thermo-électricité;

La deuxième, l'électrodynamique, le magnétisme et l'induction;

La troisième, l'électrolyse, l'électrocapillarité et les questions qui s'y rattachent.

La première partie qui fait l'objet du volume qui vient de paraître est la reproduction des leçons professées à la Sorbonne en 1898-1899 par M. H. Pellat.

La loi de Coulomb n'étant plus exacte lorsque le milieu isolant environnant les corps conducteurs n'est pas homogène, l'auteur a établi une étude absolument générale de l'Électrostatique en s'appuyant seulement sur les faits expérimentaux classiques.

Afin de mettre l'ouvrage à la portée d'un grand nombre de personnes M. Pellat s'est efforcé à rendre les démonstrations aussi simples que possible en ne faisant usage, la plupart du temps, que des principes élémentaires du calcul infinitésimal.

Par l'énoncé ci-après des chapitres du tome I on aura une idée de l'importance de l'intéressant cours édité par M. Gauthier-Villars avec tout le soin qui est une des caractéristiques de cette maison de premier ordre.

Chapitre I. — Phénomènes généraux, Lois fondamentales.
— II. — Propriétés du champ électrique.
— III. — Densité et Tension électriques.
— IV. — Les principes de l'électrostatique et leurs conséquences.
— V. — Phénomènes d'influence. Capacité électrique.
— VI. — Machines électriques. Charge, usage et formes diverses des condensateurs.
— VII. — Décharges électriques. Énergie électrique.
— VIII. — Mesures des différences de potentiel.
— IX. — Diélectriques.
— X. — De la loi élémentaire de Coulomb.
— XI. — Loi d'Ohm, de Kirchhoff et de Joule.
— XII. — Thermo-électricité.

G. Dumont.

(1) In-8°, 250 × 165 de vi-329 pages, avec 145 figures. Paris, Gauthier-Villars, 1901; prix broché : 10 *f*.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 7116-4-01. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

D'AVRIL 1902

N° 4.

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois d'avril 1902, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

JACQUET (L.). — *La fabrication des eaux-de-vie*, par Louis Jacquet (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 228 p., avec 17 fig.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1894 (Don de l'éditeur). 41572

ROQUES (X). — *Le cidre*, par X. Roques (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 172 p.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1899 (Don de l'éditeur). 41573

VANUTBERGHE (H.). — *Exploitation commerciale des forêts*, par M. H. Vanutberghe (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 160 p.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1900 (Don de l'éditeur). 41570

VANUTBERGHE (H.). — *Exploitation technique des forêts*, par M. H. Vanutberghe (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 176 p.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1900 (Don de l'éditeur). 41571

Arts militaires.

Bornecque (Com[t]). — *Armement portatif des armées Européennes*, par le Commandant Bornecque (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 215 p. avec 40 fig.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et C[ie], 1897 (Don de l'éditeur). 41574

Vallier (E.). — *Cuirassés et projectiles de marine*, par E. Vallier (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 188 p. avec 2 fig.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et C[ie], 1897 (Don de l'éditeur). 41575

Vallier (E.). — *Projectiles de campagne, de siège et de place*, par E. Vallier (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 179 p. avec 10 fig.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et C[ie], 1895 (Don de l'éditeur). 41576

Chemins de fer et Tramways.

Busschere (L. de), Jaer (J. de) et Niels (P.). — *De l'exploitation économique des lignes secondaires des grands réseaux de chemins de fer dans différents pays d'Europe*, par L. de Busschere, J. de Jaer et P. Niels (in-8°, 255 × 165 de viii-385 p. avec atlas 370 × 290 de 24 pl.). Bruxelles, E. Ramlot, 1887 (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). 41599 et 41600

Mayer (J.-W.). — *Die Locomotive und ihre Wartung. Ein Locomotivführer und Heizer*, von Ingenieur J. Wilhelm Mayer (in-8°, 265 × 175 de 160 p. avec 213 fig. et 8 pl.). Wien, Verlag von Carl Graeser, 1896 (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). 41601

Murphy (M.). — *Report on the subsidized Railways and other Public Works in the Province of Nova Scotia, for year ending September 30, 1901*, by Martin Murphy (in-8°, 245 × 165 de 48-lxxii p.). Halifax, N. S., 1902. 41664

Reynolds (M.). — *Locomotive Engine Driving. A practical Manual for Engineers in charge of Locomotive Engines*, by Michael Reynolds (in-8°, 190 × 120 de 225 p. avec 29 fig.). London, Crosby, Lockwood and C°, 1878 (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). 41604

Chimie.

Billon (F.) et Perret (A.). — *Petite Encyclopédie pratique de chimie industrielle*, publiée sous la direction de F. Billon : 18e volume, *l'Industrie des gaz*; 19e volume, *le Pétrole*; 21e volume, *la Parfumerie*; 22e volume, *Vernis, mastics et enduits*; 23e volume, *Teinture et impression*; 24e volume, *Couleurs minérales*, par M. Auguste Perret (6 volumes in-16, 180 × 125). Paris, E. Bernard et C[ie], 1901, 1902 (Don des éditeurs). 41690 à 41695

Clerc (L.-P.). — *La photographie des couleurs*, par L.-P. Clerc (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) in-8°, 190 × 120 de 191 p. avec 18 fig.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et C[ie], 1899 (Don de l'éditeur). 41579

COFFIGNIER (Ch.). — *Manuel du fabricant de vernis. Gommes, Résines, Térébenthine, Vernis gras, à l'essence et à l'alcool*, par Ch. Coffignier (Bibliothèque des Actualités industrielles. N° 87) (in-16, 185 × 135 de 322 p.). Paris, Bernard Tignol, 1902 (Don de l'éditeur). 41649

DANIEL (Dr J.). — *Poudres et explosifs. Dictionnaire des matières explosives*, par le Dr J. Daniel. Préface de M. Berthelot (in-8°, 250 × 165 de x-815 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1902 (Don de l'éditeur). 41618

GASTINE (L.). — *La chronophotographie*, par L. Gastine (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 172 p. avec 72 fig.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1897 (Don de l'éditeur). 41582

JAUBERT (G.-F.). — *Les parfums comestibles*, par G.-F. Jaubert (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 188 p.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1900 (Don de l'éditeur). 41583

NIEWENGLOWSKI (G.-H.). — *Chimie des manipulations photographiques. Photocopies positives*, par G.-H. Niewenglowski (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 168 p.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1899 (Don de l'éditeur). 41584

NIEWENGLOWSKI (G.-H.). — *Chimie des manipulations photographiques. Phototype négatif*, par G.-H. Niewenglowski (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 200 p.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1899 (Don de l'éditeur). 41585

POZZI-ESCOT (M.-E.). — *Analyse chimique qualitative*, par M.-E. Pozzi-Escot (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 180 p. avec 6 fig.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1899 (Don de l'éditeur). 41577

POZZI-ESCOT (M.-E). — *Analyse microchimique et spectroscopique*, par M.-E. Pozzi-Escot (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 192 p. avec 40 fig.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1899 (Don de l'éditeur). 41578

POZZI-ESCOT (M.-E.). — *Les diastases et leurs applications*, par M.-E. Pozzi-Escot (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 219 p.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1900 (Don de l'éditeur). 41586

PRUD'HOMME. — *Teinture et impression*, par M. Prud'homme (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 196 p.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1894 (Don de l'éditeur). 41580

THOMAS (V.). — *Les phénomènes de dissolution et leurs applications*, par V. Thomas (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 198 p. avec 57 fig.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1900 (Don de l'éditeur). 41587

THOMAS (V.). — *Les plantes tinctoriales et leurs principes colorants*, par V. Thomas (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 196 p.). Paris, Gauthier-Villars ; Masson et Cie, 1901 (Don de l'éditeur). 41581

VILLON (A.-M.) ET GUICHARD (P.). — *Dictionnaire de chimie industrielle contenant les applications de la chimie à l'industrie, à la métallurgie, à l'agriculture, à la pharmacie, à la pyrotechnie et aux arts et métiers*, par A.-M. Villon et P. Guichard, *Tome III, Fascicule 32, Cahiers 46 à 50* (in-8°, 295 × 200). Paris, Bernard Tignol (Don de l'éditeur). 41597

Construction des Machines.

ABEL (C.-D.). — *Rudimentary and elementary principles on the Construction and on the Working of Machinery, illustrated by numerous examples of modern Machinery for different branches of Manufacture*, by C.-D. Abel (in-18, 180×105, de XVI-187 p. avec atlas 305×250, de 17 pl.). London, John Weale, 1860 (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). 41605

BARBET. — *Rapport fait par M. Barbet, au nom du Comité des arts mécaniques, sur une modification apportée à la construction des compresseurs d'air à action directe imaginée par M. Samain* (Extrait du Bulletin de janvier 1901 de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale) (in-4°, 270×220, de 6 p. avec 5 fig.). Paris, Chamerot et Renouard, 1901 (Don de M. G. Samain, M. de la S.). 41613

BOURNE (J.). — *Recent improvements in the Steam Engine in its various application to mines, mills, steam-navigation, railways, and agriculture. Being an Introduction to the Catechism of the Steam-Engine*, by John Bourne (in-16, 180×125, de X-244 p. avec 110 fig.). London, Longman, Green, Longman, Roberts and Green, 1865 (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). 41602

CLARK (D.-K.). — *An elementary Treatise on Steam and the Steam-Engine stationary and portable (being an extension of the elementary Treatise on Steam of Mr. John Sewell)*, by D.-Kinnear Clark (in-12, 180×105, de XVI-344 p. avec 149 fig.). London, Crosby, Lockwood and C°, 1879 (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). 41603

COLLIGNON (Ed.). — *Rapport fait au nom du Comité des arts mécaniques sur les machines élévatoires de M. Samain, par M. Ed. Collignon* (Extrait du Bulletin de novembre 1900 de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale) (in-4° 275 × 220, de 14 p. avec 5 fig.). Paris, Chamerot et Renouard, 1900 (Don de M. G. Samain, M. de la S.). 41612

Exposition universelle de 1900. Associations de Propriétaires d'appareils à vapeur. Machines à vapeur. Collection de diagrammes défectueux. (album 220×290, de 135 pl.). Paris, L. Courtier (Don de M. Ch. Compère, M. de la S.). 41653

GUILLAUME DE CAMBRAY (L.). — *Description d'une machine à feu construite pour les salines de Castiglione, avec des détails sur des machines de cette espèce les plus connues, et sur quelques autres machines hydrauliques, suivie d'un Mémoire sur la construction des Salines et sur la qualité des sels*, par Louis Guillaume de Cambray (in-4°, 225 × 165, de VI-183 p. avec 6 pl. et 6 tabl.). Imprimé à Parme par Philippe Carmignani, 1766 (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). 41598

JOUFFROY (Mis A. DE). — *Des bateaux à vapeur. Précis historique de leur invention. Essai sur la théorie de leur mouvement, et description d'un appareil palmipède applicable à tous les navires, précédé de deux Rapports de l'Académie des Sciences*, par le marquis Achille de Jouffroy (in-8°, 245 × 155, de 108 p. avec 2 pl.). Paris, L. Mathias Augustin, 1891 (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). 41607

LECORNU (L.). — *Régularisation du mouvement dans les machines*, par L. Lecornu (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120, de 219 p. avec 53 fig.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1898. (Don de l'éditeur). 41588

PAMBOUR (Comte F.-M.-G. DE). — *Théorie des machines à vapeur*, par le comte F.-M.-G. de Pambour. 2e édition, (in-4°, 280 × 220, de XII-656 p. avec atlas 320 × 240, de 23 pl.). Paris, Bachelier, 1844 (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). 41608 et 41609

SENCIER (P.). — *La Mécanique à l'Exposition de 1900. 16e livraison. 10e livraison dans l'ordre d'apparition. Les automobiles et les cycles*, par Paul Sencier (in-4°, 320 × 225, de 51 p. avec 72 fig.). Paris, Ve Ch. Dunod, décembre 1901 (Don de l'éditeur). 41620

TRESCA (A.). — *Rapport fait par M. A. Tresca, sur divers inventions et perfectionnements présentés par M. Samain* (Société d'Encouragement pour l'industrie nationale. Séance du 26 février 1892) (in-4° 280 × 230, de 22 p. avec 10 fig.). Paris, Chamerot et Renouard, 1892 (Don de M. G. Samain, M. de la S.). 41611

WITZ (A.) et MOREAU (A.). — *Procès-verbal des Expériences faites le 10 novembre 1901, à Evreux, sur un moteur à gaz de la Compagnie des moteurs Niel*, par Aimé Witz et Auguste Moreau (in-4°, 275 × 215 de 4 p.). Paris, L. Hannequin (Don de M. A. Moreau, M. de la S.). 41689

Éclairage.

Le Gaz à l'eau. Production. Épuration. Carburation. Eclairage. Chauffage. Force motrice. Société internationale du gaz à l'eau, Bruxelles. (album 245 × 320, de 72 p.). Paris, imprimerie Chaix, 1909 (Don de M. L. Duvinage). 41648

Économie politique et sociale.

Doumer (P.). — *Situation de l'Indo-Chine (1897-1901)*. Rapport par M. Paul Doumer, Gouverneur général, (République française) (in-8°, 280×190 de 554-II p.). Hanoï, F. H. Schneider, 1902 (Don du Gouvernement général de l'Indo-Chine). 41668

Mamy (H.). — *Rapport sur le concours de protecteurs garantissant les ouvriers fondeurs contre les brûlures pouvant atteindre les pieds et le bas des jambes*, présenté au Conseil de Direction au nom de la Commission d'examen, par M. H. Mamy. (Association des Industriels de France contre les accidents du travail) (in-8°, 245 ×155, de 11 p.). Paris, au siège de l'Association, 1902) (Don de l'auteur, M. de la S.). 41666

Oesterreischische Ungarische Handelskammer in Paris (Chambre de commerce austro-hongroise). Rechenschafts Bericht 1901, (in-8°, 235 ×155 de 60 p.). Paris, Imprimerie Nouvelle, 1902. 41665

Revue internationale du Commerce, de l'Industrie et de la Banque. 4e année. 31 mars 1902. Organe des Congrès internationaux du Commerce et de l'Industrie, 1878, 1889, 1900. Publié sous la direction de M. Julien Hayem et de M. Maurice Schloss (in-8°, 250×165, de 263 p.). Paris, Guillaumin et Cie, 1902 (Don de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie). 41659

Statistique annuelle du Mouvement de la population pour les années 1899 et 1900. Tomes XXIX et XXX. (République française, Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes. Direction du Travail. Statistique générale de la France) (in-8°, 280×180, de CXLIV-169 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1901. 41686

Électricité.

Bulletin de la Société internationale des Électriciens. Table générale des matières. 1re série 1884-1900 (in-8°, 270×180, de 44 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1902. 41667

Gay (A.). — *Les Câbles sous-marins. Fabrication*, par Alfred Gay (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190×120, de 203 p. avec 10 fig.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1902 (Don de l'éditeur). 41610

Gourée de Villemontée. — *Résistance électrique et fluidité*, par Gourée de Villemontée (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190×120, de 188 p. avec 12 fig.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1899 (Don de l'éditeur). 41589

Loppé (F.). — *Transport de l'énergie à grandes distances par l'électricité*, par F. Loppé (Revue technique de l'Exposition universelle de 1900. 3e partie. Tome I, pages 113 à 230) (in-8°, 280×190, de 118 p., avec 71 fig.). Paris, E. Bernard et Cie, 1902 (Don des éditeurs). 41660

MINET (AD.). — *Galvanoplastie et galvanostégie*, par Ad. Minet (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190×120, de 187 p., avec 13 fig.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie; 1901 (Don de l'éditeur). 41590

MINET (Ad.). — *Théorie de l'électrolyse*, par Ad. Minet (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190×120, de 176 p., avec 4 fig.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1898 (Don de l'éditeur). 41593

MONTPELLIER (J.-A.) et ALLIAMET (M.). — *L'Électricité à l'Exposition de 1900. 14e fascicule. 10e livraison dans l'ordre d'apparition. Compteurs électriques*, par J.-A. Montpellier et M. Alliamet (in-4°, 320×225, de 60 p., avec 86 fig.). Paris, Ve Ch. Dunod, février 1902 (Don de l'éditeur). 41619

ROESSLER (G.). — *Électro-moteurs. I. Courant continu*, par G. Roessler. Traduit de l'allemand par Emmanuel Samitca (in-8° 255 ×165 de VI-152 p., avec 49 fig.). Paris, Ve Ch. Dunod, 1902 (Don de l'éditeur). 41615

VIGNERON (E.) et LETHEULE (P.). — *Mesures électriques. Essais de laboratoire*, par Eug. Vigneron et P. Letheule (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190×120, de 180 p., avec 48 fig.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1899 (Don de l'éditeur). 41591

VIGNERON (E.). — *Mesures électriques. Essais industriels*, par Eug. Vigneron (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190×120, de 172 p., avec 58 fig.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1901 (Don de l'éditeur). 41592

Enseignement.

Premier Congrès international de l'Enseignement du dessin tenu à Paris, en l'Hôtel du Cercle de la Librairie, 117, boulevard Saint-Germain, du 29 août au 1er septembre 1900. Compte rendu complet des travaux de la Commission d'organisation du Congrès. Rapport général, (in-8°, 250×165, de 348 p.). Paris, Cercle de la Librairie; Librairie des arts du Dessin et de la Construction, 1902 (Don de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie). 41658

Législation.

A Magyar Mérnök és epitesz-egylet évknöyve 1902, II evfolyam (in-8°, 230 × 160, de 82 p.). Budapest. 41663

Annuaire de l'Association amicale des Anciens élèves de l'École Centrale des Arts et Manufactures. Promotions de 1832 à 1901 (in-8°, 225×145 de 664 p.). Paris, Siège social de l'Association à l'École Centrale, 1902. 41702

Officers and Members of the American Society of Naval Engineers 1902 (in-8°, 235 × 155, de 16 p.). 41617

Société centrale des Architectes français. Annuaire pour l'année 1902 (in-8°, 240 × 160, de 104-47 p.). Paris, Siège de la Société. 41616

Société des Ingénieurs et des Industriels, Bruxelles. Liste des Membres. Exercice 1901-1902 (in-8°, 235 × 150, de 51 p.). Bruxelles, Imprimerie nouvelle. **41670**

Métallurgie et Mines.

Cuvillier (T.). — *Législation minière et contrôle des mines*, par T. Cuvillier, (Bibliothèque du Conducteur de travaux publics) (in-16, 185 × 120 de xii-788 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1902 (Don de l'éditeur). **41698**

Statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie pour l'année 1900 (Ministère des Travaux publics. Direction des Routes, de la Navigation et des Mines) (in-4°, 310 × 230, de xxviii-226 p., avec 22 pl.). Paris, Imprimerie Nationale, 1901. **41596**

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

Bouniceau. — *Études et Notions sur les constructions à la mer*, par M. Bouniceau (Bibliothèque des Professions industrielles et agricoles. Série G. N° 20) (in-18, 190 × 120, de viii-421 p., avec atlas même format de 44 pl.). Paris, Eugène Lacroix, 1866 (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). **41655 et 41656**

Clergeau (E.). — *Bateaux-torpilleurs de Thornycroft, nos 8, 9, 10, 11, 12, 13*, par M. E. Clergeau (Ministère de la Marine et des Colonies) (in-4°, 305 × 240, de 146 p., avec atlas, 345 × 445, de 25 pl.). Paris, Imprimerie Nationale, 1880 (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). **41650 et 41651**

The Long-Arm System of Power Doors and Hatch gears for the Preservation of Life and Property at Sea (Bulletin Number Five. The Long-Arm System Company, Cleveland, Ohio, U. S. A.) (in-8°, 230 × 150, de 36 p.). Cleveland, Corday and Gross. **41652**

Physique.

Scientia. Série Physico-Mathématique :

Nos 1. — Poincaré (H.). — *La théorie de Maxwell et les oscillations hertziennes.*
2. — Maurain (Ch.). — *Le magnétisme du fer.*
3. — Freundler (P.). *La stéréochimie.*
4. — Appell (P.). — *Les mouvements de roulement en dynamique.*
5. — Cotton (A.). — *Le phénomène de Zeemann.*
6. — Vallerant (Fr.). — *Groupements cristallins; propriétés et optique.*
7. — Laurent (H.). — *L'élimination.*
8. — Raoult (F.-M.). — *Tonométrie.*
9. — Décombe (L.). — *La célérité des ébranlements de l'éther.*
10. — Villard (P.). *Les rayons cathodiques.*
11. — Barbillon (L.). — *Production et emploi des courants alternatifs.*

12. — Hadamard (J.). — *La série de Taylor et son prolongement analytique.*
13. — Raoult (F.-M.) *Cryoscopie.*
14. — Macé de Lépinay (J.). — *Franges d'interférences et leurs applications métrologiques.*
15. — Barbarin (P.). — *La géométrie non euclidienne.*
16. — Néculcéa (E.). — *Le phénomène de Kerr.*
17. — Andoyer (H.). — *Théorie de la lune.*
18. — Lemoine (E.). — *Géométrographie* (ensemble 18 volumes in-8°, 200 × 130) (Les volumes 5, 11 et 12 ont déjà été remis précédemment pour la Bibliothèque de la Société). Paris, C. Naud, 1899 à 1902 (Don de l'éditeur). 41671 à 41685

Routes.

Nivellement général de la France. Réseau fondamental. Répertoire graphique définissant les emplacements et altitudes des repères. Opérations effectuées pendant les campagnes 1890, 1891 et 1892. Tome III (Ministère des Travaux publics) (in-4°, 280 × 220). Nantes, Imprimerie du Commerce, 1901 (Don de M. Ch. Lallemand). 41622

Nivellement général de la France. Répertoire définissant les emplacements et altitudes des repères. Réseau de deuxième ordre (Ministère des Travaux publics) (25 brochures in-8°, 265 × 175). Paris, Imprimerie Nationale; Nantes, Imprimerie du Commerce, 1899 et 1901 (Don de M. Ch. Lallemand). 41623 à 41647

Sciences morales. — Divers.

Smiles (S.). — *Industrial Biography : Iron Workers and Tool Makers*, by Samuel Smiles (in-16, 185 × 125 de xiv-342 p.). London, John Murray, 1863 (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). 41661

Technologie générale.

Agendas Aide-mémoire des Arts et Métiers et des Arts et Manufactures, 1902 (in-8°, 225 × 140, de 412 p.). Paris, J. Loubat et Cie (Don de l'éditeur, M. de la S.). 41687

Atti della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino. Anno XXXV. 1901. N° 41 della serie completa degli Atti (in-4°, 345 × 245 de 75 p. avec 2 pl.). Torino, Camilla e Bertolero, 1901. 41696

Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie. *Publication in extenso. Février 1900, 296 479 à 297 662* (in-8°, 250 × 160). Paris, Imprimerie Nationale, 1902. 41595

Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie. *Publication in extenso. Mars 1900, 297 663 à 298 670* (in-8°, 250 × 160). Paris, Imprimerie Nationale, 1902. 41614

Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie. *Publication in extenso. Avril 1900, 298 671 à 299 751* (in-8°, 250 × 160 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902. 41621

Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie. *Publication in extenso. Mai 1900, 299 752 à 300 678* (in-8°, 250 × 160). Paris, Imprimerie Nationale, 1902. 41697

International Engineering Congress, Glasgow, 1901. Proceedings of Section I (Railways) (in-8°, 255 × 155 de 89 p. avec 33 pl.). London, William Crowes and Sons, 1902. 41700

International Engineering Congress, Glasgow, 1901. Proceedings of Section II (Waterways and Maritime Works) (in-8°, 255 × 155 de 214 p. avec 38 pl.). London, William Crowes and Sons, 1902. 41701

Nansouty (Max de). — *L'année industrielle. Découvertes scientifiques et inventions nouvelles en 1901* (in-16, 200 × 140, de 288 p. avec nombreuses illustrations). Paris, Félix Juven (Don de l'auteur, M. de la S.). 41662

Repertorium der Technischen-Journal Literatur. Herausgegeben im Kaiserlichen Patentamt, Jahrgang 1900 (in-8°, 285 × 200 de XXXIV-1010 p.). Berlin, Carl Heymans, 1901. 41699

Società degli Ingegneri e degli Architetti Italiani. Catalogo della Biblioteca, 1° Supplemento dal n. 4544 al n. 5296, 1902 (in-8°, 265 × 185, de 51 p.). Roma, Sede della Società, 1902. 41669

Travaux publics.

Annales des Ponts et Chaussées. 1re partie. Mémoires et Documents. 71e année, 8e série. 1re année. 1901. 4e trimestre (in-8°, 250 × 165, de 346 p. avec pl. 13 à 17). Paris, E. Bernard et Cie. 41688

Dariès (G.). — *Calcul des conduites d'eau*, par G. Dariès (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120, de 195 p. avec 44 fig.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1898 (Don de l'éditeur). 41594

Sageret. — *Annuaire du bâtiment, des travaux publics et des arts industriels. 93e année, 1902* (in-8°, 220 × 140, de VIII-XXXII-LXVIII-2352 p.). Paris, rue de Rennes, 1902, 41659

Voies et Moyens de Communication et de Transport.

Nouvel Atlas de l'organisation du Service postal et télégraphique des départements français, y compris l'Algérie, la Tunisie, le Maroc, Madagascar, Cochinchine et Tonkin, indiquant les stations de chemins de fer et les routes suivies par les courriers, à pied, en voiture, à cheval, ou par paquebots postaux (atlas 210 × 265, de 95 p.). Rennes, Oberthur, 14e édition (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). 41654

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois d'avril 1902, sont :

Comme Membres Sociétaires, MM. :

L.-W. Bates, présenté par MM. Zbyszewski, Mallet, de Dax.
V. Blanc, — Mesurour, Alasseur, Duclou.
P. Blanc, — Ch. Baudry, Beau, Bazire.
A. Bourdès, — Ed. Lippmann, Eug. Lippmann, Jaunet.
L.-Ch. Bouvard, — Auclair, J. Mesureur, Gouvy.
A. Brillouin. — L. Clerc, Laymet, Vercken.
L.-E. Chauvière, — Couriot, Fouché, A. Moreau.
J.-J.-E. Dalard, — Brüll, A. Mallet, Porte.
A. Dubois, — Canet, Mesureur, Cacheux.
P.-A. Dubois, — E. Garnier, L. Faure Beaulieu, J. Faure Beaulieu.
R. Fould, — Buquet, A. Fould, E. Pereire.
L. Godard Desmaret, Sartiaux, Derennes, Chaligny.
J.-A. de Hulster, — Mesureur, Brüll, A. Blanzy.
G.-E.-L. Lefèvre, — Brüll, A. Mallet, Porte.
L.-F. Legendre, — Ronceray, Lavoix, Pantz.
P. L'Huillier, — Amiot, Serpollet, R. Varennes.
C. Lossow, — Rousseau, Muzet, A. Vautier.
M. Merle, — Lacube, Medebielle, Mesureur.
A.-F. de Richard. — Brüll, Mesureur, Blazy.
J. Rutishauser. — Amiot, Serpollet, Varennes.
P.-H. Sauvajol, — Brustlein, Duthu, de Dax.
G. Thomas, — S. Périssé, L. Périssé, Courtois.

Comme Membres Associés, MM. :

E. Archdeacon, présenté par MM. Amiot, Serpollet, R. Varennes.
P. Leroy, — Mesureur, Lencauchez, A. Mallet.
M. Magnier, — A. Duval, Serpollet, Varennes.
E.-A. Menetret, — Mesureur, R. Blot, de Dax.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'AVRIL 1902

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 11 AVRIL 1902

I

PRÉSIDENCE DE M. H. COURIOT, VICE-PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

M. H. COURIOT, Vice-Président, rappelle le décès de notre regretté Président, M. J. Mesureur, et prononce le discours suivant :

MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES,

Le roulement établi entre les Vice-Présidents me vaut le très grand honneur de présider cette séance.

Je dois commencer, tout d'abord, par exprimer ici la douleur profonde qu'a causée, à la Société tout entière, le décès de notre cher et regretté Président, M. J. Mesureur, et par rendre un pieux hommage à la mémoire de cet homme de bien. Il a été frappé sur la brèche, dans la pleine possession de ses facultés physiques et intellectuelles, et a été enlevé, dans l'espace de cinq jours seulement, à l'affection des siens et à l'estime de tous ceux qui le connaissaient.

M. J. Mesureur avait débuté, dès l'âge de treize ans, comme apprenti dans les ateliers de la maison Cail; il s'y était fait remarquer par sa vive intelligence et ses grandes aptitudes; quoique tout jeune encore, il montrait assez d'énergie pour consacrer ses loisirs du soir à préparer les examens d'admission à l'École de Châlons, à laquelle il était reçu en 1850.

A sa sortie de l'École, en 1853, il entra, comme dessinateur, aux ateliers de la Compagnie du Chemin de fer d'Orléans.

De 1854 à 1856, il remplit les fonctions de chef des ateliers de MM. Pombla frères, à Meung-sur-Loire, où il s'occupa de construction de matériel de chemin de fer; puis, de 1856 à 1859, il fut Directeur des

ateliers et forges de MM. Petin et Gaudet, à Persan-Beaumont; enfin, en 1860, il voulut voler de ses propres ailes, et c'est à cette époque qu'il créa la maison Mesureur et Monduit.

Je n'ai pas besoin de dire quel a été le succès de cette entreprise qui s'est consacrée à l'exécution de nombreux travaux de distribution d'eau et de gaz, exécutés pour l'État, ainsi que pour les grandes Administrations publiques et privées. Ce succès est constaté par les nombreuses récompenses qui lui furent décernées dans les Expositions, et par la désignation de notre ancien Président comme Membre des Jurys des Récompenses aux Expositions de Paris 1889 et 1900, Chicago 1893, Bruxelles 1888 et 1897, Anvers 1894, Bordeaux 1895, Rouen 1896.

Mais l'activité de M. Mesureur ne s'est pas limitée à sa carrière industrielle. Sa droiture, ses qualités élevées, avaient fait rechercher sa collaboration par un très grand nombre de Corps élus ou constitués. J'ai eu la bonne fortune de siéger avec lui au Conseil supérieur de l'Enseignement technique, dans sa Commission permanente, ainsi qu'au Conseil du Conservatoire National des Arts et Métiers, et vous permettrez à son ancien Collègue de dire combien ces Assemblées appréciaient son bon sens et son jugement éclairé.

Élu Membre de la Chambre de Commerce, nommé Conseiller du Réseau de l'État et Membre du Comité d'Exploitation technique, son expérience des affaires, des hommes et des choses, lui avait fait remplir avec distinction ces diverses fonctions. Mais où il a le plus marqué sa place, c'est à la Présidence de la Société des Anciens Élèves des Écoles Nationales d'Arts et Métiers. Il fut, par trois fois, appelé à la Présidence triennale de cette importante Association dont il était l'âme, et où il réunissait les sympathies les plus vives et les plus nombreuses. Tout récemment il venait d'en être nommé Président honoraire.

Comme Vice-Président du Conseil de perfectionnement des Écoles d'Arts et Métiers, il avait pu exercer son heureuse influence sur les programmes d'études, sur la réglementation intérieure et sur les installations matérielles de ces Écoles.

En qualité d'Inspecteur régional de l'Enseignement technique, il portait un intérêt tout particulier aux questions d'enseignement professionnel. Il estimait, avec raison, que l'enseignement doit être mis en harmonie avec les besoins de la société moderne; et, pour ces motifs, il s'était occupé, avec un soin tout spécial, de nos Écoles Pratiques d'Industrie, ce premier degré de l'Enseignement technique; en un mot, notre Président pensait qu'il convient de développer l'Enseignement professionnel, pour répondre aux nécessités des carrières industrielles et commerciales, et que nous devons former des soldats, des cadres et des chefs, pour notre grande armée du travail.

Tel a été, Messieurs et chers Collègues, le Président que nous avons perdu. C'était un homme d'action et de bien, dont l'existence a été utilement remplie. Je dois ajouter que sa vie constitue un grand et bel exemple, celui d'un enfant du peuple qui, par son travail, par son intelligence, son énergie et sa persévérance, est arrivé à s'élever jusqu'aux plus hautes situations, et a été porté au premier rang, par ses pairs, dans une importante institution telle que la nôtre. *(Applaudissements.)*

M. le Président donne connaissance de la lettre suivante, adressée à la Société par la famille de M. Mesureur :

« Monsieur le Président,

» Nous avons été très touchés, ma famille et moi, des marques de » profonde sympathie que vous, ainsi que les membres de la délégation » qui vous accompagnait, vous nous avez données à l'occasion des » obsèques de mon regretté père; nous vous en exprimons toute notre » reconnaisance.

» Je viens également vous prier d'être notre interprète auprès de » tous vos Collègues du Comité et des Membres de votre Société pour » les remercier des magnifiques couronnes qui ont été déposées sur son » cercueil.

» Croyez bien que mon père était fier d'avoir été tout récemment » encore nommé à la Présidence de votre Association, distinction qui » couronnait si brillamment sa carrière, et qu'il avait été heureux des » témoignages d'amitié et d'estime qu'il avait reçus à cette occasion.

» Veuillez agréer, cher Monsieur, en cette triste circonstance, l'ex- » pression de mes sentiments respectueux et dévoués.

Signé : « C. Mesureur. »

M. le Président fait savoir qu'il est également parvenu à la Société un grand nombre de cartes et de lettres de condoléances auxquelles il a été répondu.

M. le Président remercie à ce propos toutes les personnes qui ont bien voulu donner ainsi à notre Société un témoignage de leur sympathie.

M. le Vice-Président Couriot, présidant la séance, dit que, conformément aux articles 8, 10 et 22 des statuts et 11 du règlement, il y a lieu de procéder, dans la présente séance, au remplacement du Président de la Société.

MM. les Membres de la Société en ont reçu avis par une lettre spéciale envoyée en temps opportun.

Il demande si quelqu'un désire prendre la parole à ce sujet.

Il est ensuite procédé au vote qui donne le résultat suivant :

M. L. Salomon, Vice-Président, est élu Président de la Société des Ingénieurs Civils de France pour l'année 1902.

M. le Président dit que, par suite de cette nomination, il y aura lieu, pour se conformer aux statuts, d'élire à la prochaine séance du 18 courant, un Vice-Président en remplacement de M. L. Salomon, et, le cas échéant, un membre du Comité en remplacement de celui qui serait nommé Vice-Président.

II

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. Le Président a le regret d'annoncer les décès suivants :

D'abord, celui de notre Président, M. Mesureur, dont il a été parlé plus haut; puis celui de M. :

A.-A. Appert, Membre de la Société depuis 1896, Industriel, associé de la Maison Appert Frères, Ancien Juge suppléant au Tribunal de Commerce de la Seine, frère de notre ancien Président, M. L. Appert, auquel M. le Président adresse, ainsi qu'à sa famille, l'expression de nos profonds regrets.

Enfin, ceux de MM. :

L.-F. Hennequin, Membre de la Société depuis 1891, Ancien Élève de l'Ecole Polytechnique, Ingénieur civil.

E.-P.-A. Lemoine, Membre de la Société depuis 1872, Ancien Administrateur des Établissements Cail, Administrateur de la Caisse d'Épargne, Administrateur du Crédit Mobilier, etc.

M. le Président transmet aux familles de nos regrettés Collègues, l'expression des sentiments de condoléances de la Société.

M. Le Président a le plaisir d'annoncer les décorations suivantes :

M. Hallam de Nittis, a été nommé Chevalier du Mérite Agricole;

M. Ernest Watigny, a été nommé Chevalier de l'Ordre de Sainte-Anne de Russie.

Il adresse les vives félicitations de la Société à nos Collègues.

M. Le Président est heureux d'annoncer que notre Collègue, M. Schil, a bien voulu nous abandonner deux obligations de la Société dont il était propriétaire, ainsi que les coupons y afférents.

Une partie en a été appliquée à son exonération et le surplus, soit 437,80 *f*, sera affecté au Fonds de Secours ou à l'Amortissement de l'Emprunt.

M. le Président est certain d'être l'interprète de tous en exprimant à notre Collègue de chaleureux remerciements.

M. Le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus qui sera insérée dans un prochain *Bulletin*.

M. Le Président dit que la Société des Ingénieurs Norvégiens, dont le Président, M. Hiorth, est venu à nos fêtes du Cinquantenaire et en 1900, nous avait invités à assister au cinquantième anniversaire de sa fondation.

Il a été répondu à nos Collègues de Norvège, pour les remercier et leur faire connaître que, par suite du décès de notre Président, la Société ne pouvait participer aux fêtes de leur cinquantenaire.

En outre, un télégramme de félicitations leur a été adressé le jour même de leur réunion.

M. Le Président rappelle qu'un Concours international de Moteurs et Appareils utilisant l'alcool dénaturé, avec Exposition, aura lieu à Paris, du samedi 24 mai au dimanche 1er juin 1902.

La liste des Membres de la Société, faisant partie des Commissions diverses de ce concours, a été donnée dans le procès-verbal de la séance du 21 mars.

M. le Président annonce que, par décision du Comité de ce jour, l'*ouverture de la Bibliothèque, le soir*, à titre d'essai, *a été prolongée jusqu'à fin Juin*. En conséquence, elle continuera à être ouverte les lundi, mercredi et vendredi, de 8 heures à 10 heures et demie du soir.

Il est bien entendu que les facilités ainsi données sont exclusivement réservées aux Membres de la Société. Nulle personne étrangère ne peut être admise à la Bibliothèque sans une autorisation spéciale écrite du Président.

La parole est à M. E. Duchesne pour sa communication sur *Le Port marchand de Brest — Son avenir prochain*.

M. E. Duchesne dit que, pendant l'Exposition de 1900, les discussions des Congrès internationaux de la Navigation de la Marine marchande et des Constructions Navales ont établi que les nations maritimes construisent et construiront des navires de plus en plus grands. Dès à présent, ils dépassent 200 *m* de longueur. C'est là une condition essentielle de leur exploitation économique. Mais il faut des ports capables de les recevoir. — Ces ports doivent être peu nombreux, parce qu'ils coûtent cher; il faut donc les choisir avec soin.

Actuellement, en France, nous n'en avons pas, mais nous pouvons en établir un à Brest, qui présente, à cet effet, les conditions les plus favorables qu'on puisse trouver dans l'Europe entière, et cela pour les raisons suivantes :

1° En envisageant les relations de l'Europe avec l'Amérique et, après percement de Panama, avec le Japon et la Chine, la traversée par Brest est la plus courte. Pour New-York par exemple, un navire partant de Brest emportera moins de charbon que s'il part du Havre, d'Anvers ou de Hambourg; par suite, il pourra marcher plus vite ou porter plus, à vitesse égale;

2° Il pourra entrer à toute heure de marée, car les chenaux d'accès et la rade sont très profonds. Il perdra donc le minimum de temps; ce qui, joint à la traversée plus courte, lui permettra de fournir des résultats économiques plus avantageux;

3° Le port étant entièrement à construire, on pourra l'établir sans destruction de travaux existants, et en adoptant les dispositions les plus désirables comme proportion des bassins, largeur des quais, disposition des hangars, grues, voies ferrées, éclairage, etc.

4° Pour y attirer les grands navires à voyageurs et postaux, on étudiera la création de trains rapides entre Brest et Paris, de façon que cette voie soit choisie, de préférence à toute autre, par les voyageurs et les colis précieux.

Dans cet ordre d'idées, on voit que Brest est parfaitement situé, au milieu de l'Europe qui peut être considérée comme un immense éventail, dont la ligne de Brest à Paris serait le manche, Paris l'axe, et dont les branches seraient représentées par nos grandes voies ferrées et leur prolongement chez nos voisins. On sera conduit sous peu à établir

ces grandes lignes internationales sur un pied grandiose, avec l'électricité comme force motrice, et par conséquent avec une vitesse inconnue à ce jour ;

5° En cas de guerre, le port marchand de Brest serait le seul qui permettrait, à nos navires de commerce, poursuivis par l'ennemi, d'entrer à toute heure avec la certitude absolue d'y trouver abri et protection. Un grand atelier de construction, des cales de radoub, et un grand dock flottant, mettraient ce port à même d'aider efficacement la marine militaire, en cas de besoin.

Devant tant d'avantages, on peut se demander comment il se fait que le port marchand de Brest ne se soit pas développé depuis longtemps déjà. Il y a vraisemblablement plusieurs causes à cela :

Autrefois, lorsque nos routes ordinaires étaient les seules voies ouvertes aux transports, la distance de Brest au centre de notre pays aurait fâcheusement élevé le prix des marchandises transportées. D'autre part, les abords de Brest étaient difficiles, parce qu'ils étaient loin d'être balisés et éclairés comme ils le sont aujourd'hui. Avec nos voies ferrées, la distance n'est plus qu'un très petit obstacle, car le transport se composant de : chargement, déchargement, manœuvre des wagons, formation des trains et enfin, roulement sur les rails, ce dernier facteur ne prend de l'importance que pour de très longs trajets. A ce point de vue donc, on peut dire que Brest n'est pas plus loin du centre de la France que Dunkerque, le Havre ou Nantes.

Plusieurs Ingénieurs ont fait l'objection que la marine militaire et la marine du commerce ne peuvent pas fréquenter le même port sans inconvénient. Nous n'en voyons pas bien la raison ; mais, dans tous les cas, la topographie de Brest est telle, que le port marchand que nous avons étudié se trouve séparé du port militaire.

Voici, en effet, en quoi consiste notre projet :

La marine militaire a construit un immense avant-port au large de *Laninou* au moyen :

1° D'une jetée enracinée à la côte, au lieu dit les *Quatre Pompes*, à l'ouest de la *Penfeld;*

2° D'une digue parallèle à la côte et à environ 1 000 *m* de cette dernière ;

3° D'une jetée enracinée à l'ouest de la jetée Sud actuelle du port du commerce ;

Cela forme, en réalité, une petite rade, comprenant environ 300 hectares, ou nos navires de guerre sont en sécurité, et qui sert aussi au port du commerce.

Nous avons dû rechercher un emplacement qui permette aux plus grands navires possibles d'entrer, d'évoluer et d'accoster à toute heure de marée. Or, il existe à 1000 *m* environ au large de la digue Sud, une fosse profonde sur le banc *Saint-Pierre*, et qui répond complètement à nos vues. Ce bassin naturel présente une profondeur de 15 *m*, en moyenne, au dessous du zéro des cartes marines ; il a 2 500 *m* de longueur et 500 *m* de largeur. On le fermera par des jetées et des quais donnant place à vingt navires de 200 à 250 *m* de longueur. Il s'ouvre sur la grande rade, et d'une façon complètement séparée de celle du port militaire qu'il ne gêne en rien, et par lequel il n'est pas gêné. L'espace

compris entre ces digues diverses et le quai nord du grand bassin, dit Océanique, sera comblé pour former un quartier moderne entièrement différent de la ville actuelle. A l'Est de ce nouveau quartier, nous aurons un grand bassin à plusieurs éperons, pour les navires de 6 à 8 *m* de tirant d'eau, et prenant son entrée sur le bassin Océanique. Au nord-est de celui-ci, on trouvera un bassin à flot avec entrée sur le grand bassin du nord-est actuel. Deux cales de radoub, ménagées dans ses terre-pleins, porteront un atelier de réparations pour les navires qui emploieront ces deux cales aussi bien que la cale de 200 *m*, actuellement en construction.

Un peu plus tard, on finira de combler l'anse de *Saint-Marc*, dès maintenant en voie d'assèchement. On y établira un port franc, avec un grand bassin, correspondant directement avec la mer et avec le bassin de 8 *m* de tirant d'eau. Puis, un bassin au pétrole en communication directe avec la mer.

Dans l'avenir, si nos arrière-neveux se trouvent encore trop à l'étroit, ils pourront combler l'anse du *Moulin-Blanc* et le banc de *Plougastel*, comprenant entre eux un chenal profond permettant, à toute heure de marée, l'accès de tous les bassins qu'on y voudra faire ; et cela, sans la moindre difficulté technique, avec le minimum de frais et sans avoir à changer rien aux dispositions que nous proposons. Pour le moment, les travaux urgents, sont : le bassin Océanique, le grand bassin de 8 *m* sous zéro, le bassin à flot, les cales et le dock de radoub, le chantier de réparations ; le grand chantier de construction et enfin, le quartier neuf de Brest, avec leurs voies ferrées et leurs aménagements aussi parfaits que possible. Nous comptons, pour cela, prendre sur la mer un espace d'environ 320 *ha*. Les déblais et les remblais seraient à peu près équivalents. Ajoutons, pour terminer, que M. l'Ingénieur chargé du port et M. le Président de la Chambre de Commerce de Brest n'ont présenté aucune objection technique, au contraire, comme nous le pensions d'ailleurs, avant de leur soumettre ce projet. De plus, il est question de démolir une partie des fortifications de la ville. On pourra donc en utiliser les matériaux d'une façon avantageuse.

M. le Président croit que la première condition de développement d'un grand port de commerce réside dans l'existence de voies navigables y aboutissant et permettant le transport à très bon marché des marchandises débarquant dans ce port ou s'y rendant, et à ce point de vue, il ne lui semble pas que Brest soit bien désigné pour devenir un des principaux ports commerciaux de la France.

A un autre point de vue, on voit les pays étrangers concentrer tous leurs efforts sur un ou deux ports choisis avec le plus grand soin, et auxquels ils peuvent alors consacrer des capitaux très importants, au lieu de disséminer leurs ressources sur un nombre considérable de points du littoral. C'est dans cet ordre d'idées qu'ont été créés les ports d'Anvers, de Hambourg, de Rotterdam, de Gênes, et, partant de ce principe, il se demande s'il ne serait pas préférable de développer et d'améliorer les ports de commerce, déjà existants en France, plutôt que d'en créer encore un nouveau de toutes pièces.

M. E. Duchesne répond que le tonnage et le tirant d'eau des navires de commerce et le transport des voyageurs augmentent de plus en plus et qu'à l'heure actuelle, aucun port de France n'est capable de recevoir certains de ces paquebots.

C'est pour combler cette lacune, qui pourrait, à la longue, porter un coup mortel à notre commerce maritime, que l'on a songé au port de Brest qui serait capable de recevoir les plus forts navires présents aussi bien qu'à venir.

M. le Président est d'avis également qu'il y a beaucoup à faire pour doter notre pays de ports pouvant lutter avantageusement contre ceux de l'étranger, et il est heureux de féliciter M. Duchesne de sa très intéressante communication dont il le remercie.

M. Ch. Lucas a la parole pour sa communication sur *les Rowton Houses, de Londres (Logements à bon marché pour célibataires).*

M. Charles Lucas rappelle que, lorsqu'au courant de l'été de 1900, il a édité, par les soins de notre Collègue, M. Aulanier, à la librairie de *la Construction moderne,* un volume intitulé : *Étude sur les Habitations à bon marché en France et à l'étranger*, volume dont un autre de nos Collègues, M. F. Delmas, inspecteur de l'Enseignement technique au Ministère du Commerce, a bien voulu rendre compte dans le *Bulletin* de la Société, il n'a pu, en fait de *Logements à bon marché pour célibataires*, présenter à ses lecteurs qu'un seul type, bien complet il est vrai, mais établi sur des bases toutes particulières.

Ce premier type, qui a pu en inspirer de plus importants et plus récemment construits, fait honneur à la Belgique : c'est *l'Hôtel Louise*, pour ouvriers mineurs, élevé il y a un quart de siècle, à Trooz, par la Société des Charbonnages du Hazard.

Dortoirs et chambres de dimensions suffisantes et bien aérés sont, dans cet établissement, véritable modèle au point de vue de l'hygiène de l'ouvrier mineur et qui peut recevoir une centaine de célibataires, complétés par lingerie, vestiaire, buanderie, bains, réfectoire et économat, ainsi que par école du soir, bibliothèque, salle de jeux, salle de musique et aussi par un terrain spécial aménagé pour les jeux en plein air.

M. Ch. Lucas, à sa connaissance, n'a pas trouvé, en France, d'établissements analogues, et, l'an dernier, dans le rapport qu'il a rédigé au nom du jury du premier concours d'habitations à bon marché organisé par le Comité départemental de la Seine, jury qui comptait plusieurs Membres de notre Société des Ingénieurs civils, il a dû constater qu'aucun hôtel ou maison meublée, construit depuis 1896, à Paris ou dans le département de la Seine, n'avait été envoyé pour participer à ce concours; cette abstention, motivée au reste par la presque non-existence de ce genre de logements rentrant dans les conditions du concours, a été une déception pour plusieurs membres du jury, qui savaient combien des immeubles de ce genre, salubres, aménagés avec un certain confortable et dans des conditions économiques de loyer quotidien, existent à l'étranger et, notamment, à Londres, où les plus intéressants à étudier sont *les Rowton Houses*.

M. Ch. Lucas croit devoir cependant, avant de décrire ces *Rowton*

Houses, rappeler, d'après M. Georges Picot et ses recherches personnelles, ce qui existe à Paris dans cet ordre d'idées.

A peine douze cents lits pour femmes seules, a constaté l'honorable secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences morales et politiques, existent actuellement dans Paris, et, pour chaque lit, en cas de vacances, il y aurait vingt postulantes. Ces lits sont dus à des œuvres religieuses, catholiques ou protestantes, au Syndicat de l'aiguille, à l'initiative de l'intelligent directeur des grands magasins du Louvre, M. Honoré, membre de notre Société, et à quelques entreprises privées.

D'autre part, M. Ch. Lucas, sur l'indication de notre Collègue, M. Em. Cacheux, a constaté que M. Coussinet, maire de Romainville, a fait élever à Paris, rue Bolivar et avenue de Vincennes, deux hôtels meublés, fort bien tenus, confortables et avec chambres d'un prix très modéré; mais ces hôtels sont plutôt des maisons à loyer, dont les pièces de chaque appartement, ouvrant sur de larges dégagements, peuvent être louées isolément en attendant que le quartier, s'améliorant au point de vue de la location, permette de louer les appartements complets.

Enfin, la Société philanthropique qui, depuis plus d'un siècle, a pris l'initiative de tant d'œuvres généreuses, fait édifier à Paris, à l'angle des rues Carpeaux et des Grandes-Carrières, un *Hôtel pour dames et jeunes filles*, qui comprendra soixante lits répartis en vingt chambres et quarante cellules, avec salle à manger, salle de réunion pouvant se joindre à la salle à manger, cabines de bains et cuisine commune avec un de ces nombreux fourneaux que la Société philanthropique a ouverts dans plusieurs quartiers de Paris.

Mais qu'est-ce que ces tentatives isolées, si méritantes soient-elles, à côté des *Rowton Houses* de Londres, qui constituent l'effort le plus considérable et le plus récemment entrepris pour assurer, chaque nuit, le logement d'un grand nombre de célibataires ?

Les cinq *Rowton Houses*, hôtels meublés, édifiés à Londres, de 1893 à 1901, sous la direction de M. H. B. Measures, architecte, qui en a exposé les plans à l'exposition de la Royal Academy, en 1901, et décrit les divers services dans une conférence à l'Architectural Association de Londres, sont l'œuvre d'une Société, dont le président est lord Rowton.

Ils peuvent recevoir chaque nuit: celui de Waux-Hall, 475 locataires; celui de King's Cross, 677 locataires; celui de Newington Butts, 805 locataires; celui de Hammersmith, 800 locataires, et celui de White-Chapel, à peu près autant; soit ensemble plus de 3 500 locataires.

Leur caractère particulier est d'abord de ne ressembler en rien extérieurement à une caserne ou à un hôpital, encore moins à une prison, tant l'architecte, M. H.-B. Measures, s'est ingénié à accidenter et à varier les lignes des façades; en outre, les pièces mises à la disposition des locataires pendant le jour, de 7 heures du matin à minuit, constituent un véritable club ou cercle, comprenant salles de lecture, salles à manger, fumoir et même terrasse pour la promenade; avec, à côté, au point de vue pratique et philanthropique, magasins de vente, à prix réduits, de vêtements et d'aliments chauds et froids, cuisine, laverie, dépôt d'ustensiles de ménage, bains et bains de pied; toutes pièces spacieuses, bien aérées et dont la plupart sont revêtues de faïence de ton

ivoire avec cadres plus sombres et, à leur partie inférieure, de lambris en bois de teck; ce dernier bois est employé, au reste, à profusion dans tous les immeubles, pour la plus grande partie du mobilier et aussi pour les égouttoirs des pierres d'évier.

De 7 heures du soir à 9 heures du matin, le locataire peut rester dans sa cellule, très sommairement meublée et de dimensions restreintes, mais fort bien aménagée et garnie du nécessaire.

Quant à l'administration (économat, dépense, réserve de provisions, chambres pour les femmes de service), elle est entièrement séparée des cellules et des services généraux mis à la disposition des locataires.

Le prix de location journalière d'une cellule, avec jouissance des services généraux, est d'un 1/2 schilling (0,625 *f*) et le prix du bain avec serviette d'un peu plus de 0,10 *f*. Mais, ingénieurs et architectes comme économistes doivent se préoccuper de l'affaire en tant qu'affaire, c'est-à-dire du rendement du capital employé.

Or, et c'est là un point de vue des plus intéressants de l'œuvre entreprise par lord Rowton, et la pensée maîtresse, féconde en heureux résultats, qui domine cette œuvre, Lord Rowton et ses collègues du Comité estiment que chaque œuvre à entreprendre doit être envisagée comme une affaire et, par conséquent, doit se suffire à elle-même; en un mot, il n'y a pas, dans la question du logement salubre et à bon marché, une thèse charitable à développer; mais bien plutôt ce problème économique : « Que ceux qui seraient logés doivent avoir conscience que les dépenses leur assurant le logement doivent entièrement retomber à leur charge », idée considérée presque, jusqu'ici, comme impossible à mettre en pratique, surtout en tenant compte des préjugés des futurs locataires.

L'exploitation, très habilement dirigée, des Rowton Houses, donnerait, d'après des renseignements autorisés, du 5 0/0 brut et du 4 0/0 net.

M. Ch. Lucas termine sa communication en parlant de l'*Albergo popolare*, élevé l'an dernier à Milan sur l'initiative du Commandeur Buffoli et sur les plans des ingénieurs Magnani et Rondoni. Ces renseignements lui ont été fournis par notre collègue de Milan, M. Canovetti.

Cet *Albergo popolare*, dont le nom rappelle le fameux *Albergo reale dei poveri* commencé à Naples à la fin du XVIIIe siècle par le roi Charles III et seulement achevé au milieu du XIXe siècle, est aménagé à l'imitation des Rowton Houses de Londres; il peut contenir 500 locataires, payant 0,50 *f* par jour, 3,50 *f* par semaine, et pouvant obtenir un bain pour 0,20 *f* et une douche pour 0,10 *f*.

L'œuvre semble des plus prospères, mais M. Ch. Lucas fait observer que, à la différence de l'œuvre des Rowton Houses de Londres, ses fondateurs font, comme dans la Société philanthropique de Paris, abandon de leurs capitaux au bénéfice de l'œuvre et de son développement.

Or, il faut évidemment admirer les œuvres qui relèvent de la bienfaisance et saluer leurs auteurs; mais, dans nos sociétés modernes, on ne saurait trop se convaincre que tout remède à une plaie sociale (et la sordidité des logements des ouvriers en est une des plus grandes) doit être cherché dans une juste rémunération de l'argent mis en œuvre par le capitaliste pour atténuer cette plaie sociale, bien plus encore que dans la bienfaisance de ce capitaliste.

M. E. Cacheux demande à compléter les renseignements fournis par notre collègue, M. Ch. Lucas, en signalant les autres essais faits dans la même voie, tant en France qu'à l'étranger.

En Angleterre, le premier hôtel meublé construit date de 1835 et contient près de 300 chambres. En 1844, il en est construit un autre de 104 chambres. Puis, en viennent plusieurs autres ayant plus ou moins bien réussi.

A Paris, on construisit un hôtel meublé, rue Rondelet, administré par l'Assistance publique. Mais; au lieu de le réserver à sa destination première, on le loua en appartements, le transformant ainsi en maison de rapport ordinaire.

M. Cacheux fait, de plus, remarquer que les conditions hygiéniques des 10 300 garnis parisiens se sont fort améliorés depuis une vingtaine d'années, et les critiques très justifiées que le docteur Du Mesnil leur adressait en 1878 ne seraient plus exactes aujourd'hui.

M. Cacheux cite encore les essais tentés à Glascow, à Milan, à Stockholm et à Christiania, et termine en disant que l'on se trouve en présence de deux systèmes. Celui des grands hôtels, permettant de réduire le plus possible les frais généraux, et celui des petits hôtels, que l'on essaye à Paris en ce moment, et loués à un principal locataire, chargé des sous-locations.

L'expérience n'est pas encore d'assez longue durée pour que l'on puisse avoir une opinion sur les avantages de l'un ou l'autre système. L'essai que l'on va tenter sur les terrains de la Roquette donnera de précieuses indications à cet égard.

M. Ch. Lucas répond qu'il connaissait déjà les institutions dont a parlé son collègue et ami M. Cacheux, mais s'il a insisté spécialement sur les *Rowton Houses* de Londres, c'est en raison de leur caractère financier. Il a voulu prouver qu'en gérant intelligemment ces hôtels, on pouvait arriver à obtenir un placement avantageux et c'est à cette seule condition que l'on pourra voir des établissements analogues se créer et prospérer.

M. le Président remercie M. Ch. Lucas de son intéressante communication, ainsi que M. Cacheux, qui a bien voulu nous donner quelques renseignements complémentaires.

Il est donné lecture des demandes d'admission en première présentation de : MM. P. Blanc, R.-Ch. Bouvard, C.-A. Dubois, C. Lossow, M. Merle, C.-H. Sauvajol, comme Membres Sociétaires ; et de :

MM. L. Godard-Desmarest et A. Ménéttret, comme Membres Associés.

MM. L.-W. Bates, V. Blanc, A. Bourdès, A. Brillouin, L.-E. Chauvière, J.-J.-E. Dalard, A Dubois, R. Fould, J.-A. de Hulster, G.-L.-L. Lefèvre, L.-F. Legendre, G. L'Huillier, A.-F. de Richard, J. Rutishauser, G. Thomas, sont reçus comme Membres Sociétaires ; et :

MM. E. Archdeacon, P. Leroy, M. Magnier, comme Membres Associés.

La séance est levée à minuit.

Le Secrétaire,
G. Courtois.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 18 AVRIL 1902

I

PRÉSIDENCE DE M. CH. BAUDRY, ANCIEN PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à huit heures trois quarts.

M. CH. BAUDRY, ancien Président, prononce le discours suivant :

MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES,

C'est un désir de votre Bureau qui m'amène pour un instant à ce fauteuil. Votre Bureau a pensé, et vous serez certainement de son avis, qu'il ne fallait pas que l'installation de notre nouveau Président fût faite avec moins de solennité qu'à l'ordinaire, et il a fait appel, pour cela, au concours du dernier Président en exercice.

J'ai répondu avec empressement à ce désir, et cela pour deux raisons : la première, c'est que j'y trouve une occasion de rendre un nouvel et public hommage à la mémoire de notre regretté Président, M. J. Mesureur. M. Couriot vous a dit, en excellents termes, dans la dernière séance, sa vie de travail et d'honneur; il vous a rappelé les étapes successives par lesquelles l'ancien apprenti des ateliers Cail était parvenu à la grande situation qu'il occupait dans l'industrie et dans les Conseils du Gouvernement. Les suffrages par lesquels vous l'aviez appelé à votre présidence ont été pour cette carrière un couronnement dont il était particulièrement heureux et fier. Il y a trois mois à peine, je lui adressais ici nos félicitations pour cette heureuse nomination; il est douloureux de penser qu'après si peu de temps, nous en sommes réduits à venir de nouveau, dans cette enceinte, rendre un pieux hommage à sa mémoire et envoyer à sa famille l'assurance de notre douloureuse sympathie. *(Applaudissements.)*

J'ai une autre raison de remercier le Bureau de l'honneur qu'il m'a fait, en me demandant mon concours dans cette circonstance; c'est que j'ai le plus grand plaisir à souhaiter la bienvenue à notre nouveau Président.

M. Salomon veut bien m'honorer d'une amitié particulière; cela me gêne un peu pour vous dire tout le bien que je pense de lui. Mais, il n'est pas très utile que je vous le dise, car l'unanimité de vos suffrages a montré que vous pensez de lui ce que j'en pense moi-même, et que vous appréciez, comme moi, ses qualités personnelles aussi bien que son talent d'Ingénieur et d'Administrateur. *(Applaudissements.)*

Je veux pourtant vous soumettre deux observations : l'une est tirée de mon expérience personnelle. Les Ingénieurs en Chef du Matériel et de la Traction des grands réseaux français se réunissent de temps en temps en conférence pour discuter tantôt des questions techniques, tantôt des affaires administratives. Nous ne sommes que sept; mais nous arrivons généralement à ces réunions avec des idées très arrêtées et souvent très différentes; et puis, je dois l'avouer, nous sommes naturellement assez entêtés. Et pourtant, nous finissons toujours par nous mettre d'accord et cela sans trop de difficulté. Nous le devons certainement en grande partie au tact de notre président qui n'est autre que M. Salomon, notre doyen, non par l'âge, mais par l'ancienneté de nomination. Je ne doute pas qu'il ne soit aussi heureux dans la présidence de notre Société, plus nombreuse certainement, mais non plus difficile à diriger. *(Applaudissements.)*

Ma seconde observation se rapporte aux circonstances dans lesquelles M. Salomon arrive à la présidence. Il y vient comme je voudrais toujours voir arriver aux fonctions électives de notre Société, c'est-à-dire, sans l'avoir sollicitée, et au moment où l'opinion de ses collègues l'appelle unanimement à exercer ces hautes fonctions. Il prend ces fonctions dans des conditions particulièrement délicates, après un long interrègne causé par la maladie et la mort de son prédécesseur, et avec la perspective d'une année écourtée. Pourtant, il n'a pas hésité à accepter cette situation ingrate, quand il a su que son acceptation était utile à l'union dans notre Société; il l'a fait avec le même esprit d'abnégation qui lui avait fait refuser en décembre dernier une candidature pouvant diviser la Société. Je l'en félicite hautement et je ne doute pas que vous ne soyez tous de mon avis.

Je lui remets la Présidence avec confiance et je lui souhaite la fin d'année la plus heureuse et la plus profitable aux intérêts de la Société. *(Applaudissements vifs et répétés.)*

M. L. Salomon, nouveau Président, après avoir serré la main de M. Ch. Baudry, prend place au fauteuil et prononce le discours suivant:

Messieurs et chers Collègues,

Je ressens en ce jour des sentiments divers et bien opposés.

Vos suffrages me font très grand honneur.

Vous me faites succéder aux Ingénieurs civils français les plus éminents. En me bornant à ma spécialité et à la période de la fondation de notre Société, je trouve parmi nos anciens Présidents : Eugène Flachat, Auguste Perdonnet, Jules Petiet, Camille Polonceau, et Émile Vuigner, qui ont été en France les créateurs de l'industrie des chemins de fer, alors que nous ne pouvons plus jouer que le rôle de transformateurs.

Il m'est très agréable d'être investi de mes hautes fonctions par votre ancien Président, M. Baudry, pour lequel j'éprouve autant d'estime que d'amitié. Vous me donnez, mon cher Président, une nouvelle preuve que ces sentiments sont réciproques, en ayant bien voulu prendre la peine de procéder à mon installation et en m'accueillant en termes si flatteurs.

Malheureusement, Messieurs, à mes sentiments de si honorable satisfaction, viennent se mêler ceux de tristesse et de regrets. Entretenant avec M. J. Mesureur les meilleures relations, nous espérions, au début de cette année, que notre Président surmonterait bientôt les malaises dont il souffrait et qu'il pourrait se consacrer complètement, comme il le projetait, aux affaires multiples et importantes de notre Société. C'est sincèrement, qu'invité à prendre la parole au dernier Banquet de l'Association amicale des Anciens Élèves des Écoles d'Arts et Métiers, je félicitai M. Mesureur de son élection à la Présidence de la Société des Ingénieurs Civils de France, à ces fonctions qu'il considérait, à juste titre, comme les plus honorables de toutes celles auxquelles il avait été appelé durant sa carrière industrielle. Il est profondément affligeant qu'il nous soit ainsi enlevé quelques semaines après cette élection, par laquelle vous combliez ses vœux les plus chers.

Votre Société ne pouvant pas dépendre d'une vie humaine, vous avez dû nommer un nouveau Président; celui-ci s'efforcera de remplir la haute mission que vous lui confiez. Mais, Messieurs, ses propres forces seraient bien insuffisantes si vous ne lui prêtiez pas votre concours pour atteindre le but principal de notre Société.

Ce but technique est si bien défini par certains paragraphes de l'article 2 de vos Statuts que je me permets de vous les rappeler :

« Éclairer, par la discussion et le travail en commun, les questions » d'art relatives au Génie Civil ;

» Concourir au développement des sciences appliquées aux grands » travaux de l'Industrie;

» Poursuivre par l'étude des questions d'économie industrielle, d'ad- » ministration et d'utilité publique, l'application la plus étendue des » forces et des richesses du pays ».

En traçant ce programme, nos fondateurs voulaient activement coopérer au développement industriel de la France, et ils estimaient que le Génie Civil n'avait pas une part suffisante dans l'exécution des travaux d'utilité publique.

Vos Archives, votre Bulletin, établissent, d'une façon indiscutable, que nos fondateurs et leurs successeurs ont largement rempli ce programme, et que le Génie Civil français a su s'imposer, non pas seulement dans notre pays, mais même à l'étranger, notamment en Autriche, en Espagne, en Italie, en Russie, dans l'Amérique du Sud. Certains de nos Collègues ont si bien établi dans le monde la renommée de la science française qu'un grand nombre de jeunes étrangers viennent dans nos écoles s'initier à l'Art de l'Ingénieur.

Malheureusement pour nous, Messieurs, durant ces dernières années, les conditions sociales, économiques et industrielles se sont notablement modifiées dans la plupart des pays. Des écoles techniques se sont partout créées ; l'énorme développement des chemins de fer, dont la longueur est estimée aujourd'hui atteindre 800 000 *km*, alors qu'elle était d'environ 30 000 *km* en 1848, facilite les échanges et permet la mise en valeur de nouvelles richesses naturelles.

L'accroissement de la population des diverses nations s'est produit

fort inégalement, puis l'action des gouvernements s'est exercée dans des sens opposés, souvent fâcheux pour notre Industrie.

Si nous jetons un coup d'œil rapide sur la situation industrielle du monde, nous voyons : les États-Unis et l'Empire d'Allemagne si formidablement outillés que l'exportation devient pour eux une nécessité ; la Russie, l'Autriche, la Hongrie et l'Italie, capables de suffire, par leur industrie nationale, à la majeure partie des besoins de leur pays ; la Grande-Bretagne et la Belgique toujours exportatrices, mais sérieusement concurrencées sur les divers marchés du monde.

Or, à mon avis, il n'est pas d'industrie prospère sans exportation la mettant à l'abri des fluctuations inévitables du marché intérieur. C'est par l'excellence de nos produits que nous pouvons faire notre place sur les marchés extérieurs ; les succès remportés à l'étranger par le Génie Civil français dans l'exécution des grands travaux publics et des ouvrages d'art, et par nos industries de l'automobilisme et de l'artillerie, montrent bien qu'il nous est encore possible d'obtenir cette place lorsque nous faisons les efforts convenables.

Les Ingénieurs français se sont toujours distingués par leur ingéniosité, leur science et leur conscience. Je leur reprocherais de ne point mettre assez en lumière leurs travaux ; combien de fois n'ai-je pas entendu des Ingénieurs étrangers dire que certaines industries n'existaient point en France, simplement parce qu'elles ne font pas parler d'elles.

Je pense, Messieurs, que la tribune des Ingénieurs Civils de France est, entre toutes, la plus qualifiée pour bien mettre en lumière les travaux de nos Ingénieurs et de notre Industrie, et coopérer ainsi, efficacement, au développement si nécessaire de nos exportations.

Je vous prie donc bien vivement, chers Collègues, dans l'intérêt commun et concordant de notre Société et de notre Patrie, de nous apporter, sous forme de communications et de mémoires, les résultats de vos travaux, de vos essais et également de vos voyages d'étude, car il est fort utile de connaître exactement la valeur de nos concurrents.

Je crois qu'aucun de nous ne doit craindre de venir vous entretenir de questions spéciales ou présentant des difficultés techniques particulières.

Si nous sommes obligés de nous spécialiser chacun à la production d'objets déterminés, nous devons tous avoir recours à plusieurs des sciences appliquées. Produisant du transport, ne dois-je pas utiliser les produits des Mines, de la Métallurgie et des Industries chimiques, avoir recours à la Mécanique et à l'Electricité ?

Chacun de nous a intérêt à faire connaître à ses Collègues ce dont il a besoin et ce qu'il peut leur fournir. Un grand nombre d'entre nous viennent assister d'autant plus volontiers à nos séances qu'ils doivent y entendre traiter des sujets étrangers à leurs occupations journalières.

Ils espèrent que la communication, suivie d'une discussion approfondie, mettra bien en lumière l'état d'une question, les points acquis et ceux controversés. Désirant accroître leurs connaissances précises, ils demandent au conférencier, non pas d'escamoter les démonstrations délicates et ardues, mais de bien vouloir se mettre à la portée de Col-

lègues qui, absorbés par d'autres travaux, ne peuvent pas suivre les progrès incessants de toutes les sciences appliquées.

Pour prendre un exemple, je suis persuadé que nos collègues les Électriciens ont tout le talent nécessaire pour venir nous décrire leurs appareils les plus récents, nous en indiquer les avantages et les diverses applications.

Pour me conformer aux traditions de notre Société, vous me permettrez de vous entretenir de l'industrie à laquelle je me suis exclusivement consacré.

Appartenant à la Compagnie des Chemins de fer de l'Est depuis 1870, Ingénieur du Matériel roulant de 1876 à 1886, et ayant l'honneur de diriger les services du Matériel et de la Traction depuis près de seize ans, je me crois autorisé à vous résumer les transformations importantes, et j'ose ajouter, les progrès réalisés dans la construction du matériel pendant cette période de plus de trente ans.

Je vous indiquerai tout d'abord, par quelques chiffres, les accroissements qui se sont produits dans l'étendue et l'intensité du trafic du réseau de l'Est pendant la période que je veux embrasser, accroissements auxquels ont dû répondre les développements parallèles de la puissance de traction des locomotives et de la capacité de transport des véhicules.

Au 1er janvier 1870, la longueur totale des lignes en exploitation était de 2 837 *km*.

Au 1er janvier 1902, malgré la perte des lignes de l'Alsace-Lorraine, cette longueur totale est de 4 862 *km*.

Les chiffres qui suivent caractérisent suffisamment l'intensité du trafic pendant les excercices 1869 et 1901. (Voir tableau ci-contre.)

LOCOMOTIVES.

Au 1er janvier 1870, l'effectif des locomotives de la Compagnie de l'Est se composait de 900 machines, dont :

115 à roues libres, dont 36 du type Crampton, seules employées alors à la traction des trains express;

314 à 4 roues couplées, dont 16 machines-tenders;

387 à 6 roues couplées, dont 2 à tenders-moteurs rappelant le système Verpilleux;

51 à 8 roues couplées et

33 machines-tenders de gare.

Au 1er janvier 1902, cet effectif est de 1 379 machines, dont :

26 à roues libres, toutes du système Crampton;

416 à 4 roues couplées, dont 20 machines-tenders;

670 à 6 roues couplées, dont 130 machines-tenders;

188 à 8 roues couplées, et

80 machines-tenders de gare.

Les 900 locomotives de 1870 étaient, bien entendu, toutes à simple expansion; le timbre des chaudières était de 8 *atm;* exceptionnellement il s'abaissait à 6 *atm* ou s'élevait à 9 *atm*; les surfaces de grille et de

		EN 1869	EN 1901	AUGMENTATION 0/0
Parcours kilométriques des trains à voyageurs et à marchandises (y compris la ligne de Vincennes)	km	22 947 458 (1)	49 207 486	114,40
Parcours kilométriques totaux des locomotives	km	26 734 189	57 248 979	114,14
Parcours kilométriques totaux des voitures et fourgons à bagages, trucks	km	130 686 536	304 616 197	133,10
Parcours kilométriques totaux des wagons (marchandises et ballast)	km	343 377 556	580 812 962	69,15
Composition moyenne des trains à voyageurs	véhicules	11,01	9,60	— 12,90
Composition moyenne des trains à marchandises	wagons	31,51	32,55	3,30
Chargement moyen d'un wagon (retours à vide compris)	tonnes	3,467	3,623	4,5
Parcours kilométriques totaux des voyageurs	voyageurs-kilom.	698 454 466	1 685 624 533	141,33
Parcours kilométriques totaux des tonnes de marchandises	tonnes-kilom.	1 133 681 825	2 076 796 578	83,19

(1) Non compris les parcours sur les lignes du Luxembourg.

chauffe ne dépassaient pas respectivement 1,89 m^2 et 190 m^2 et n'atteignaient ces chiffres que pour les seules locomotives à 4 essieux couplés. La charge par essieu était limitée à 12 *t*. Aucune locomotive ne dépassait le poids total de 46 *t* en charge, tender non compris.

Les 1 379 locomotives de 1902 comprennent 108 locomotives compound à 4 cylindres à 4 et à 6 roues couplées. Pour ces machines, le timbre est de 16 *kg* effectifs; la surface de grille de 2,52 m^2; la surface de chauffe de 207 m^2; la charge par essieu moteur dépasse 17 *t*, et le poids total de la machine en charge est de 65,5 *t*.

Ajoutons que, par suite de la reconstruction de toutes les chaudières des machines construites antérieurement à 1870, aucune locomotive n'a un timbre inférieur à 8 *kg* effectifs.

Ces chiffres font pressentir l'augmentation de puissance de traction du parc des locomotives du réseau de l'Est. Cette puissance peut s'évaluer par le poids du train monstre auquel serait attelé l'ensemble des locomotives et que celles-ci pourraient remorquer sur une voie en palier.

En 1870, le poids de ce train eût été de 390 140 *t*;

En 1902, ce train fictif pourrait peser 760 240 *t*.

La puissance de traction du parc a ainsi augmenté d'environ 95 0/0, alors que l'accroissement du nombre des locomotives a été de 58 0/0 seulement.

Cette différence résulte du fait qui caractérise la période considérée, c'est-à-dire de l'énorme augmentation de la puissance individuelle des locomotives construites pendant les dernières années, augmentation nécessitée surtout par l'accroissement du nombre des voyageurs, du poids des voitures rendues plus confortables, et de la vitesse commerciale des trains.

Dès 1880, la Compagnie de l'Est mit en construction, pour le service de la ligne de Vincennes et de sa grande banlieue, des locomotives-tenders, à 3 essieux couplés et à un essieu porteur à l'arrière, pesant en charge 57,5 *t*, capables de remorquer un train composé de 22 voitures à 2 étages, offrant 1 760 places.

Ces machines comptent encore parmi les plus puissantes locomotives-tenders circulant sur les lignes françaises. Comme elles répondaient bien à leur programme, des constructions successives, poursuivies de 1880 à 1894, ont porté leur nombre total à 130.

Afin de pouvoir leur faire atteindre, sans fatigue pour les voies, des vitesses d'environ 90 *km* et les employer à la remorque des trains directs, 50 de ces machines furent transformées en 1898-1899. L'essieu couplé d'avant fut remplacé par un bogie et se substitua lui-même à l'essieu porteur d'arrière.

Nous vous avons dit que nos express étaient remorqués en 1870 par des locomotives Crampton.

Ce type de machine avait été très bien étudié par la maison Cail, mais le succès qu'il a obtenu sur les grandes lignes françaises, dès sa création en 1849, tient surtout aux avantages propres de la disposition générale due à Crampton : long empattement, foyer supporté, cylindres ramenés en arrière de l'essieu d'avant et rapprochés de l'axe vertical de pivotement de la machine, attaque de la voie par un essieu porteur

pouvant prendre des déplacements transversaux. Le seul côté critiquable était le faible poids adhérent, limité à environ 10 *t*, par suite de la disposition de l'essieu moteur à l'arrière de la machine.

Telles qu'elles avaient été construites, de 1852 à 1856, les Crampton de l'Est répondaient encore en 1870 aux besoins du trafic; elles remorquaient le train le plus rapide de l'époque, l'express de Strasbourg, d'un poids de 80 à 100 *t*, à la vitesse commerciale de 49,3 *km* à l'heure, franchissant le parcours de 502 *km* en dix heures dix minutes. Déduction faite des arrêts, la vitesse moyenne de marche de ce train était de 57,6 *km*.

Devenue insuffisante dès 1873, la puissance des Crampton fut un peu améliorée en lestant chaque corps de roues motrices, de façon à porter le poids adhérent à 13 700 *kg*. Simultanément, le timbre des chaudières reconstruites ou remaniées fut élevé à 9 *kg*.

Ainsi modifiées, les Crampton concoururent efficacement à la remorque de nos express pendant la durée de l'Exposition de 1878.

Toutefois, l'insuffisance des Crampton étant reconnue, un type de locomotive à 4 roues couplées fut étudié dès 1876. Très heureusement, les Ingénieurs de l'Est conservèrent les dispositions générales de la Crampton, en remplaçant l'essieu porteur du milieu par un essieu accouplé à l'essieu moteur d'arrière. Les 62 locomotives de ce type, construites de 1877 à 1885, ont, à ce jour, parcouru plus de 68 millions de kilomètres.

Bien qu'ayant fréquemment atteint la vitesse de 120 kilomètres à l'heure, et effectué la plus grande partie de leur parcours sur des rails d'acier de 30 *kg*, ces machines n'ont jamais produit de déformation de voie.

Leur essieu d'avant, mobile, à boites ramenées par des plans inclinés et dont la charge sur les rails atteint près de 15 *t*, remplit donc bien son office en calant convenablement la voie. Ce résultat mérite d'être retenu.

Dès 1889, nous fûmes conduits à construire un type plus puissant. Afin de donner à la chaudière une grande surface et un grand volume, sans surélever son axe, nous adoptâmes le type à deux corps superposés imaginé par votre Collègue, mon collaborateur et ami, M. Flaman. Les dispositions du type précédent furent conservées, mais, le poids total en charge de cette nouvelle machine devant s'élever à environ 56 *t*, l'essieu porteur d'avant fut remplacé par un bogie, cet organe, si utile pour la conservation des voies et la sécurité, dont l'adoption en France a été retardée par l'enseignement officiel d'un Ingénieur, à tant d'égards éminent, qui n'en voulait pas reconnaître les divers avantages.

En 1893 puis en 1896, nous pûmes procéder à des essais comparatifs entre ce nouveau type (dénommé 800), à simple expansion, et des compound à 4 cylindres que les Compagnies du Nord et du Midi mirent obligeamment à notre disposition; nous dûmes reconnaître que, si un doute subsistait en ce qui touche une économie sur la dépense totale de traction par kilomètre de train, du moins une économie d'environ 10 0/0 dans les dépenses d'eau et de combustible était obtenue par la substitution de la disposition compound à 4 cylindres à la simple expansion avec distribution ordinaire par coulisse.

Aussi, en prévision de l'accroissement du trafic que devait produire l'Exposition de 1900, notre Conseil d'administration approuva, en 1898, la construction de machines compound à 4 cylindres, semblables par leurs dispositions générales aux locomotives de même système du Nord, du P.-L.-M. et du Midi, mais à chaudière ayant une surface de chauffe et une section de passage des gaz un peu plus grandes.

Comparant cette machine à la Crampton de 1870, nous voyons la pression de la vapeur passant de 7 à 16 *kg* effectifs, la surface de grille de 1,3 m^2 à 2,52 m^2, la surface de chauffe totale de 94 m^2 à 188 m^2, le poids adhérent de 10 *t* à plus de 34 *t*, le poids total en charge de 27 à 58 *t*.

Pendant la durée de l'Exposition, un certain nombre de ces compound (type 2400), affectées au dépôt de Chaumont, ont fait exactement le même service que les locomotives à simple expansion du type précédent (800).

Les premières ont consommé en moyenne par kilomètre de train 10,24 *kg* de combustible, et les secondes 12,16 *kg*, faisant ainsi ressortir, à l'avantage du système Compound, une économie de 15,8 0/0 dont une partie peut, il est vrai, être attribuée à ce fait que, la limite de puissance des locomotives à simple expansion du type 800 étant souvent dépassée, ces machines fonctionnaient dans des conditions défavorables.

Actuellement, nos compound du type 2400 remorquent le train rapide (40) 37 de Paris à Belfort, dont le poids mort atteint en été 280 *t* (voyageurs compris), à la vitesse commerciale de 71,7 *km*, et à la vitesse moyenne de marche de 80,6 *km*.

Tracé avec la vitesse commerciale actuelle de nos trains les plus rapides, l'express de Strasbourg de 1870 mettrait sept heures, et non dix heures dix minutes, à franchir le parcours de 502 *km*, et sa charge pourrait être portée de 100 à 240 *t*. Augmentation simultanée de 30 0/0 pour la vitesse et de 140 0/0 pour la charge, tel est, en résumé, le progrès obtenu depuis 1870; en d'autres termes, notre compound à 4 cylindres et à 4 roues couplées possède près de trois fois et demie la puissance de la Crampton.

Ajoutons que celles-ci consommaient du coke de four (9 *kg* par *km* de train) et que les compound brûlent des poussiers de houille avec un appoint de houille tout venant et de briquettes (10,6 *kg* par kilomètre-train).

Comme il faut prévoir que le poids de nos express ne cessera pas encore de croître, nous construisons actuellement les spécimens d'un nouveau type de compound à 4 cylindres, à 6 roues couplées de 2,090 *m* de diamètre. La surface du foyer est portée à près de 3 m^2, la surface de chauffe totale à 224 m^2. Le poids total en charge sera d'environ 72 *t*, et le poids adhérent de 51 *t*. Nous espérons réaliser une nouvelle augmentation de puissance d'au moins 20 0/0 et éviter les patinages trop fréquents au printemps et à l'automne.

Je ne vous signalerai qu'une seule particularité relative à nos compound à 4 cylindres à 3 essieux couplés et à bogie, type que nous avons adopté en 1897.

Profitant de la construction d'un lot par l'industrie privée, nous avons appliqué à 20 de ces machines des tiroirs cylindriques. A l'Exposition

de 1900, 12 des 68 locomotives exposées avaient des tiroirs cylindriques et ces 12 locomotives se trouvaient réparties dans les sections française, américaine, anglaise, allemande, italienne et russe. Ainsi se manifestait une tendance générale à l'emploi de cet organe.

Le tiroir cylindrique est équilibré, et permet de réaliser de larges orifices, ce qui est désirable, surtout pour les grands cylindres des compound, l'écoulement de la vapeur s'y produisant sous de faibles différences de pression.

Nous rappellerons que M. l'Inspecteur général des Ponts et Chaussées Ricour a appliqué des tiroirs cylindriques très étudiés à un certain nombre de locomotives des chemins de fer de l'État en 1882.

La mise en service de nos compound à tiroirs cylindriques est trop récente pour que nous puissions vous apporter des résultats économiques; toutefois, nous pouvons dire que ces machines courent plus librement que les autres, ce qui prouve l'efficacité de l'accroissement des orifices. Bien que le diamètre des roues motrices soit seulement de 1,800 *m*, ces machines soutiennent facilement et sans incident la vitesse de 100 *km*.

Grâce à leur couple moteur presque constant, et malgré leur moindre poids adhérent de 49 *t*, elles remorquent des trains à marchandises de même charge, plus aisément que nos machines à 8 roues couplées ayant 52 *t* d'adhérence.

Ce type de machine a donc le grand avantage de se prêter à des services très variés.

Voitures a voyageurs.

Au 1er janvier 1870, la Compagnie de l'Est possédait 2 387 voitures. Elles étaient toutes à compartiments séparés et à deux essieux dont l'écartement ne dépassait pas 3,600 *m*.

Des lampes au colza, à mèche plate, les éclairaient et le chauffage au moyen de bouillottes mobiles était seul employé.

Il n'était alors question ni de freins continus, ni d'appareils d'intercommunication, ni de cabinet de toilette.

Les voitures de 1re classe, alors les plus spacieuses, d'un type datant de 1867, à 24 places réparties entre trois compartiments, pesaient 7 000 *kg*.

Un des compartiments de bout de quelques-unes de ces voitures était aménagé en coupé, dont chacun des trois sièges pouvait se transformer en un lit, d'après une disposition imaginée en 1865 par M. Place-Canton, chef du bureau de dessin du matériel.

Tel était le seul confort offert aux gens d'affaires ou souffreteux.

Quelques voitures à 80 places, du type à deux étages créé en 1865 par feu notre collègue M. Vidard, étaient en service sur la ligne de Vincennes. Leur poids s'élevait seulement à 7 700 *kg*.

Au 1er janvier 1902, notre parc comprend 3 685 voitures dont:

105 voitures des 3 classes à couloir partiel;

164 voitures de 1re et 2e classes à intercirculation, par passerelles a soufflets;

565 voitures à deux étages.

Toutes ces voitures sont montées sur deux essieux dont l'écartement atteint pour certaines 7,500 *m*.

L'éclairage des anciennes voitures a été amélioré par l'adoption, dès 1880, de lampes au colza, du système Faucon, à mèche ronde et à cheminée en verre.

L'application des appareils d'éclairage par le gaz riche et comprimé, commencée en 1881, a été progressivement étendue à 868 voitures, parmi lesquelles se trouvent toutes celles à deux étages.

De plus, en 1900, les 164 voitures à intercirculation ont été appareillées de façon à pouvoir être éclairées au moyen d'accumulateurs.

La question du chauffage des voitures a été particulièrement étudiée par les Ingénieurs de l'Est pendant la période que nous considérons.

De 1874 à 1876 mon prédécesseur, M. Regray, fit poursuivre des essais comparatifs et prolongés portant sur les divers systèmes de chauffage alors connus. Ces études aboutirent à la création d'un type d'appareil de chauffage par circulation d'eau qui, adopté en 1876, est encore à l'heure actuelle appliqué sur 334 voitures. Les traits caractéristiques de cet appareil, qui a l'avantage de conserver l'indépendance des voitures, sont : le chauffage des pieds, une canalisation restant au-dessous de la surface du plancher, et une chaudière dont la grille est alimentée automatiquement par une trémie contenant de l'anthracite.

Nous avons eu le plaisir de voir cet appareil imité sur un certain nombre de réseaux.

En 1890, nous entreprimes des essais de chauffage à la vapeur d'après un système, imaginé par mon adjoint M. Lancrenon, qui consiste à lancer dans la canalisation des voitures un mélange de vapeur et d'air comprimé. Cet air a pour effet d'entraîner la vapeur et l'eau condensée dans toute la longueur des conduites d'un train de 24 voitures, tandis que la vapeur, employée seule, ne permet de chauffer uniformément qu'une dizaine de voitures. Les appareils adoptés par l'Est comportent des plaques, permettant de se chauffer les pieds, et des accouplements métalliques entre les voitures. Actuellement, ce système est appliqué à 1 349 voitures formant la composition des trains de banlieue et des trains-tramways de notre réseau.

A la suite d'essais infructueux du frein électrique Achard et du frein à entraînement Heberlein, la Compagnie de l'Est a commencé, en 1880, le montage du frein Westinghouse automatique, et l'a successivement étendu à tout son matériel à grande vitesse.

En 1881, alors qu'il n'était pas question de généraliser l'emploi d'un frein continu, notre Compagnie appliqua, à tout son matériel à voyageurs, un système d'intercommunication électrique étudié par elle. Un tel emploi de l'électricité entraîne une dépense notable en raison de l'épuisement rapide des piles; aussi, depuis 1896, nous substituons à ce système l'intercommunication pneumatique qui permet au voyageur lui-même de produire progressivement l'arrêt du train.

J'arrive maintenant, Messieurs, aux dispositions qui intéressent le plus les voyageurs, c'est-à-dire à la possibilité d'accéder à un cabinet de toilette et à un wagon-restaurant, et à la suppression, ou du moins à

l'atténuation, des vibrations et du bruit qui rendent les longs voyages si pénibles.

Dès 1886, l'éminent Président de notre Conseil d'administration M. Van Blarenberghe nous fit étudier une voiture de 1re classe à couloir partiel et à cabinet de toilette, qui fut de suite fort appréciée par le public et que reproduisirent ultérieurement plusieurs Administrations.

L'introduction, dans certains trains rapides, des wagons-restaurants, afin de supprimer les arrêts aux buffets, entraina, en 1895, l'étude des voitures à intercirculation.

Un type de voiture à 24 places, réparties entre quatre compartiments, fut préféré à de grandes voitures à bogies, afin de pouvoir toujours bien proportionner la composition des trains à l'importance du trafic.

Nous avons pu, pour ces voitures, réaliser un roulement très doux, sans trépidation et sans sonorité, comparable au roulement sur bogies, en interposant des ressorts à lames entre la caisse et le châssis. Ces ressorts sont suspendus par des flasques à des consoles en saillie sur les brancards du châssis: la caisse repose ainsi uniquement sur quatre points élastiques, et cette disposition à huit ressorts résiste, sans déréglage ni avarie, aux chocs qui se produisent inévitablement lors des manœuvres de gares.

Nos voitures des 3 classes, à couloir partiel ou à intercirculation, ont toutes un cabinet de toilette. Dans les 1re classes les coussins reposent sur des sommiers élastiques mobiles pouvant former lit.

Nos voitures de 3e classe, à couloir partiel, ont des banquettes rembourrées.

En terminant un rapport sur le matériel roulant exposé à Londres en 1862, Perdonnet écrivait: « On ne saurait trop s'occuper de l'augmentation du bien-être des voyageurs des différentes classes. On n'y parviendra qu'en augmentant la puissance des machines ». Il nous semble que nous avons suivi ce conseil en adoptant le moyen indiqué par notre ancien Président.

La conséquence fâcheuse de ces diverses additions et améliorations est l'augmentation énorme du poids mort et du prix.

Notre voiture de 1re classe à intercirculation, avec ses appareils de frein, de chauffage par thermo-siphon et d'éclairage par accumulateurs, pèse, voyageurs non compris, un peu plus de 17 *t*, alors que la voiture de 1870, offrant le même nombre de places, ne pesait que 7*t*.

Le poids mort par voyageur s'est élevé ainsi de 292 *kg* à 710 *kg*.

D'autre part, la voiture du type 1867 coûtait 10 000 *f*, la voiture à intercirculation actuelle revient à 32 000 *f*.

Les voitures à deux étages du type Vidard composent presque exclusivement nos trains de banlieue. Ce type est le seul qui se prête au transport simultané d'un grand nombre de voyageurs.

Nous signalerons les améliorations suivantes apportées au type primitif: adoption d'une caisse supérieure à hautes fenêtres, permettant aux voyageurs assis de voir l'horizon, d'un châssis surbaissé, entièrement métallique, résistant bien aux chocs des manœuvres, puis application des appareils d'éclairage au gaz riche et du chauffage à la vapeur.

Fourgons et Matériel accessoire de la grande vitesse.

Le nombre des fourgons à bagages et des véhicules accessoires de la grande vitesse s'est élevé de 733 à 1 551.

Les seules modifications à vous signaler, pour les fourgons, sont, en outre de l'application des appareils de frein Westinghouse, d'intercommunication, et pour quelques-uns, de soufflets d'intercirculation, l'augmentation de la longueur des caisses passant de 5,800 *m* à 11 *m*, de l'écartement des essieux passant de 3,600 *m* à 7,300 *m* et du poids à vide passant de 6 600 *kg* à 13 000 *kg*.

Nous avons créé, en 1888, un type de wagon-écurie qui présente quelque intérêt. Jusqu'alors les chevaux ne pouvaient être introduits dans les écuries de chemins de fer français que par les portes ménagées aux deux bouts de la caisse; l'écurie devait donc être amenée contre un quai formant heurtoir d'une voie en cul-de-sac. Nous avons disposé sur les faces longitudinales de nos nouvelles écuries, des portes et des ponts supplémentaires qui en permettent le chargement alors même qu'elles se trouvent contre des quais parallèles aux voies.

Matériel a marchandises.

Au 1er janvier 1870, le matériel à marchandises de l'Est se composait de 19 555 wagons, tous sur 2 essieux, dont :

21 pouvant recevoir un chargement de 15 *t*;
17 692 un chargement de 10 *t*;
et 1 842 un chargement de 5 *t*.

Au 1er janvier 1902, l'effectif atteint 31 800 wagons dont :

21 à 5 *t*;
24 685 à 10 *t*;
4 894 à 15 *t*;
2 171 à 20 *t*;
29 à 30 *t*.

Sauf les wagons à 30 *t*, qui sont à bogie, et quelques wagons plats à 15 *t*, tout ce matériel est monté sur 2 essieux.

A part le mode de construction plus robuste, sur lequel nous reviendrons plus loin, et les améliorations de détail ayant trait aux organes de suspension, de choc, de traction, de fermeture, etc., ce qui distingue les derniers types des deux époques, c'est, avec l'augmentation de tonnage, l'accroissement des dimensions : la capacité des wagons couverts a passé de 25 à 30 m^3, la surface du plancher des wagons plats de 13 à 18 m^2, et la capacité des wagons à hauts bords de 20 à 24 m^3.

L'écartement des deux essieux a été porté de 2,750 *m* à 3,750 *m*.

Tous nos wagons construits depuis 1885 sont munis de freins à levier agissant sur l'un des essieux.

Les additions et renforcements rendus nécessaires par les nouveaux besoins de l'exploitation, notamment pour bien résister aux manœuvres par la gravité, ont eu pour conséquence une notable augmentation du poids mort. Si nous comparons les wagons couverts de 1870, à caisse

de 5,500 *m* de longeur, aux wagons actuels, à caisse de 6 *m*, nous voyons que la tare s'est élevée de 5 800 *kg* à 6 500 *kg*. D'autre part, leur prix passe de 2 700 à 3 300 *f*.

La mise en service, sur les lignes des États-Unis, de wagons de 35, 45 et même parfois de 50 *t*, a, depuis deux ou trois ans, appelé l'attention des Ingénieurs européens sur l'utilité de construire pour nos réseaux de tels wagons.

Certaines personnes, insuffisamment initiées aux services des chemins de fer, ont vu, dans l'adoption de ces tonnages élevés, un moyen de réduire notablement les dépenses d'exploitation. Malheureusement ces grands wagons ne peuvent être utilement employés que pour des transports réguliers et constants de combustibles, de minerais, de fonte entre mines, usines et ports, transports qui ne constituent qu'une faible partie du trafic. Même en faisant abstraction des wagons remorqués vides, la moyenne des chargements sur les réseaux français ne dépasse pas 5 *t*, ce qui montre le faible poids de la généralité des expéditions.

Néanmoins, la Compagnie de l'Est, voulant venir en aide aux usines métallurgiques de Meurthe-et-Moselle, a porté à 15 *t* le tonnage des wagons découverts construits depuis 1892 et a créé, en 1899, un type de wagon à hauts bords pouvant porter 20 *t* de minerai ou de houille. La tare de ce wagon est de 7 800 *kg*. Le rapport du poids mort au chargement, rapport qui est bien plus important au point de vue de l'économie des transports que l'élévation absolue du tonnage, est seulement de 1 à 2,6. Il est donc tout à fait comparable aux rapports les plus favorables invoqués en faveur du matériel américain.

Nous venons de voir quelles ont été, aussi bien pour le matériel de traction que pour le matériel de transport, les caractéristiques des types successivement créés, depuis une trentaine d'années, pour répondre à des besoins toujours croissants. Je pense qu'il ne sera pas sans intérêt de rappeler très brièvement les principaux perfectionnements qui ont été apportés dans la construction même de ce matériel.

Pour les locomotives et les tenders, l'emploi du fer pour les essieux et les bandages tendait à disparaître dès 1870 : il a complètement cessé peu d'années après et l'emploi de l'acier pour ces organes est devenu général. — De même pour les chaudières, les tôles d'acier ont été exclusivement employées à partir de l'année 1885. — L'usage de l'acier moulé s'est également considérablement développé pour les corps de roues, pour les caissons et les supports. — Enfin, nous devons citer, comme détail de construction nous ayant donné toute satisfaction, l'application, à partir de 1889, de rondelles en métal blanc pour la garniture des tiges de pistons et tiroirs.

Sur le matériel roulant, l'acier a été exclusivement employé pour les essieux à partir de 1887. Depuis cette date, 33 100 essieux en acier ont été mis en service sur l'ensemble de notre matériel roulant, et il n'a été constaté aucune rupture ni au corps de l'essieu ni à la fusée, ce qui fait grand honneur à notre industrie métallurgique.

Les bandages sont aujourd'hui également en acier exclusivement; les derniers bandages en fer ont été posés en 1889. L'usure au roulement est environ deux fois moindre pour l'acier que pour le fer, et on évite

avec l'acier les risques d'écrasements et de fissures longitudinales qui se produisent si fréquemment avec le fer. Nous nous sommes préservés des ruptures transversales, d'ailleurs très rares, mais peut-être un peu plus fréquentes avec l'acier que pour le fer, surtout pendant les saisons rigoureuses, en renonçant, en 1896, à l'ancien mode de fixation sur les centres de roues par boulons et rivets. Nous avons adopté un mode d'attache par agrafe continue qui, grâce à l'emploi d'un outillage spécial, n'est pas plus coûteux que l'ancien et qui, ne créant pas de section de rupture, est beaucoup plus sûr. Nous avions, au 1er janvier de cette année, 30 580 bandages de voitures et wagons agrafés suivant ce système. Nous avons ainsi réalisé une amélioration fort importante pour la sécurité.

Un des plus notables progrès apportés à nos organes de roulement des véhicules a été la substitution, à partir de 1885, du métal blanc à base d'étain, au bronze, pour la confection des coussinets, avec substitution, simultanée, de l'huile minérale à l'huile de colza pour le graissage des fusées. Nous avons ainsi obtenu, à la fois, une diminution notable du nombre des incidents de service qui affectent ces organes, c'est-à-dire les chauffages de boites, et une économie considérable de dépense de matières grasses. En 1883, la dépense de graissage en huile de colza par 1 000 kilom-véhic. était de 0,936 *f*; elle est tombée en 1901 à 0,074 *f*, c'est-à-dire qu'elle est 12 fois 1/2 moins forte et cette réduction a fait économiser sur cette seule branche de l'entretien du matériel plus d'un demi-million de francs par année.

Les progrès de l'industrie métallurgique ont permis d'améliorer la construction des châssis.

Dès 1869 tous les wagons à marchandises de la Compagnie de l'Est ont été construits avec des châssis entièrement métalliques. En 1876, nous avons adopté de nouveaux types de châssis, composés de profilés de plus fortes sections qui, depuis cette époque, sont appliqués à toutes les voitures comme à tous les wagons qui sont construits.

Dans ces dernières années, par suite de l'abaissement des prix de vente, l'acier a remplacé le fer pour les profilés entrant dans leur constitution, et, d'après les observations faites jusqu'alors, on peut estimer que des châssis ainsi établis auront une durée d'au moins soixante ans, alors que les anciens châssis en bois ou mixtes avaient une durée très sensiblement moindre. Au 1er janvier 1902, la Compagnie de l'Est avait 25 773 véhicules à châssis métalliques, soit plus des 2/3 de son effectif, exactement 67 0/0.

Les pièces d'attelage ont été renforcées de façon à pouvoir subir les efforts de traction, de plus en plus considérables, résultant de l'augmentation de la charge des trains. Depuis 1885, tous les tendeurs et crochets de traction destinés, soit à l'entretien, soit aux constructions neuves, ont été établis de façon qu'ils puissent résister à un effort de 40 *t* au lieu de 30 *t* qui était auparavant la limite de résistance de ces organes.

Les gens de mon âge n'ont pas oublié les oscillations longitudinales, toujours désagréables et parfois funestes, qui se produisaient autrefois lors de l'arrêt des trains un peu longs, sous l'action des seuls freins de machine et de son tender. La condensation du train était aggravée

par les jeux que le serrage des tendeurs faisait naître entre les pièces du châssis et l'unique ressort, à faible bande de pose, servant à la fois au choc et à la traction.

En 1877 et 1878 tous nos véhicules à voyageurs furent modifiés et reçurent des ressorts à lames spéciaux pour la traction.

Les anciens ressorts, ne servant plus qu'au choc, eurent leur bande de pose portée de 566 *kg*. à 1 650 *kg*.

Afin de réduire encore plus les oscillations longitudinales, nous avions cru bon d'adopter, en 1878, pour le matériel à construire, le système de la barre d'attelage continue, alors et aujourd'hui encore adoptée presque exclusivement par les Administrations allemandes. L'expérience nous a fait reconnaître que, pour éviter les ruptures d'attelages, il convient qu'en toutes circonstances les ressorts de traction puissent absorber la majeure partie des kilogrammètres que peuvent emmagasiner les ressorts de choc. Aussi sommes-nous revenus, depuis 1893, à l'emploi de ressorts indépendants pour le choc et pour la traction.

Tous les wagons à marchandises construits depuis 1877 ont de puissants ressorts à lames, communs au choc et à la traction, posés avec une bande initiale de 1 647 *kg*.

Nous terminerons en citant parmi les autres perfectionnements de moindre importance, apportés au matériel roulant, le remplacement sur le matériel à marchandises des ressorts de suspension à bouts plats par des ressorts à bouts roulés, plus favorables au maintien d'un bon roulement; l'adoption de carcasse de caisse métallique à profilés en fer ou acier pour les wagons à marchandises découverts et à hauts bords; l'emploi pour le matériel à voyageurs, de panneaux en tôle ayant toute la hauteur des caisses; enfin celui de peintures vernissées dont l'emploi a eu pour effet de réduire sensiblement un chapitre très important de la dépense d'entretien de cette catégorie de matériel.

Me tenant exclusivement sur le terrain technique, je me suis efforcé de passer rapidement en revue les principales améliorations que la Compagnie de l'Est a réalisées en ces trente dernières années, de sa propre initiative et par les efforts collectifs de ses Ingénieurs du Matériel et de la Traction. Des transformations parallèles ont été accomplies par les Services de l'Exploitation et de la Voie, et cette marche en avant s'est produite sur tous les réseaux français, dans des sens et par des moyens différents, selon les besoins particuliers de chacun d'eux.

Mes prédécesseurs, MM. du Bousquet et Baudry, vous ont fait connaître les progrès, auxquels ils ont pris une si large part, des Services du Matériel et de la Traction du Nord et du P.-L.-M.

Je trouve, Messieurs, que les étrangers sont actuellement les meilleurs juges de la situation de notre Industrie des Chemins de fer. Or, il suffit de parcourir leurs comptes rendus, écrits à propos de l'Exposition de 1900, et les articles, par lesquels leurs principaux organes techniques signalent et apprécient nos travaux et nos résultats, pour constater en quelle estime nous tiennent nos Collègues étrangers.

Je ne doute pas que nos successeurs sauront améliorer encore et fortifier cette situation. (*Applaudissements prolongés.*)

M. LE PRÉSIDENT rappelle que, conformément aux statuts et à l'avis qui en a été donné aux membres de la Société, il y a lieu de procéder, dans cette séance, à la nomination d'un Vice-Président; et, dans le cas où ce dernier serait choisi parmi les membres du comité, il y aura lieu, aussi, de nommer un nouveau membre du comité.

Il est procédé d'abord à l'élection d'un Vice-Président.

M. Auguste MOREAU est élu Vice-Président.

M. LE PRÉSIDENT invite M. Auguste Moreau à prendre place au bureau.

Puis il est procédé à l'élection d'un membre du comité, en remplacement de M. Auguste Moreau.

M. E. PONTZEN est élu membre du comité.

II

PRÉSIDENCE DE M. L. SALOMON, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à dix heures.

Le procès-verbal de la séance précédente est adopté.

Au sujet de ce procès-verbal, notre collègue, M. E. Cacheux, a adressé une lettre complétant les renseignements qu'il a donnés, dans la séance du 11 avril, à la suite de la communication de M. Ch. Lucas sur les *Rowton Houses*.

La lettre de M. E. Cacheux sera jointe au dossier relatif à cette communication.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance.

Cette liste sera insérée dans un prochain Bulletin.

La Commission d'organisation du neuvième Congrès international de Navigation, qui doit se tenir à Dusseldorf, du 29 juin au 5 juillet 1902, nous adresse une brochure donnant la liste des Sociétés et personnes invitées à ce Congrès et invite la Société à s'y faire représenter.

M. LE PRÉSIDENT demande à ceux de nos Collègues qui seraient disposés à se rendre à Dusseldorf, de bien vouloir communiquer leur nom au Secrétariat.

Le document mentionné ci-dessus est déposé à la Bibliothèque, à la disposition de ceux qu'il pourrait intéresser.

M. LE PRÉSIDENT dit que, vu l'heure avancée M. G. Richard a bien voulu consentir à remettre à une séance ultérieure la communication qu'il devait nous faire sur la *Machine-Outil Moderne*.

Il lui adresse les remerciements de la Société.

M. E. Bert a la parole pour sa communication sur les *Modifications récentes apportées aux Lois régissant les Brevets d'Invention*.

M. ÉMILE BERT rappelle qu'à la séance du 4 octobre dernier, notre ancien Président, M. Dumont, a bien voulu présenter, en son nom, une communication sur la création d'un Office national de la Propriété industrielle, due aux efforts de l'Association française pour la protection de la Propriété industrielle.

C'est encore aux démarches de cette Association que nous devons la loi du 7 avril courant, qui réalise deux réformes demandées depuis bien longtemps par tous les industriels et inventeurs français : 1° l'impression et la publication *in extenso* de tous les brevets d'invention, sans aucune exception, au moment même de leur délivrance ; 2° l'accord d'un délai de trois mois pour payer les annuités des brevets après leur échéance, sans encourir de déchéance, mais en versant une faible amende.

Le 4 novembre 1899, notre ancien Président, M. Canet, alors Président de l'Association française pour la protection de la Propriété industrielle, était allé demander ces deux réformes à M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie, qui s'y était immédiatement montré favorable en déclarant qu'il déposerait un projet de loi pour faire accorder un délai de trois mois pour le paiement des annuités en retard, mais qu'en raison de considérations budgétaires il ne pouvait prendre l'initiative de demander au Parlement d'ordonner la publication intégrale de tous les brevets sans exception, ajoutant, d'ailleurs, qu'il appuierait une proposition dans ce sens si elle émanait de l'initiative parlementaire.

C'est à la suite de ces pourparlers que M. Prache, député et membre du Bureau de l'Association française, a d'abord demandé à la Chambre des députés l'impression de tous les brevets par voie d'amendement au budget de 1900. Cet amendement n'ayant pas été adopté, M. Prache l'a transformé en proposition de loi et c'est cette proposition qui est devenue la loi du 7 avril 1902, après quelques modifications.

L'Association française pour la protection de la Propriété industrielle et M. Prache demandaient simplement la modification de l'article 11 de la loi de 1844 en indiquant qu'un exemplaire imprimé de la description et des dessins serait annexé à l'arrêté ministériel qui constitue le titre du brevet. Un rapport favorable avait été déposé et la proposition était sur le point de venir en discussion, quand l'Association des Inventeurs et Artistes industriels a demandé l'adjonction à la proposition de loi d'une disposition ainsi conçue :

« La délivrance d'un brevet n'aura lieu qu'un an après le jour du dépôt de la demande, si ladite demande renferme une réquisition expresse à cet effet.

» Le bénéfice de la disposition qui précède ne pourra être réclamé par ceux qui auraient déjà profité des délais de priorité accordés par des traités de réciprocité, notamment par l'article 4 de la Convention internationale pour la protection de la Propriété industrielle du 20 mars 1883.

» La publication, relativement aux descriptions et dessins des brevets, pour la délivance desquels aura été requis le délai d'un an prévu par l'article 11, n'aura lieu qu'après l'expiration de ce délai.

» Un arrêté du Ministre du Commerce et de l'Industrie déterminera : 1° les conditions de forme, dimensions et rédaction que devront présenter les descriptions et dessins, ainsi que les prix de vente des fascicules imprimés et les conditions de publication du catalogue ; 2° les conditions à remplir par ceux qui, ayant déposé une demande de brevet en France, et désirant déposer à l'étranger des demandes analogues avant la délivrance du brevet français, voudront obtenir une copie officielle des documents afférents à leur demande en France. Toute expédition de cette nature donnera lieu au paiement d'une taxe de 25 *f* ; les frais de dessins, s'il y a lieu, seront à la charge de l'impétrant. »

Cette disposition étant passée dans la loi du 7 avril 1902, tout inventeur peut, à l'heure actuelle, demander que la délivrance de son brevet soit retardée d'un an ; par suite, lorsque des industriels ou des inventeurs voudront désormais faire des recherches pour se renseigner sur ce qui s'est fait antérieurement, il y aura toujours une période d'incerti-

tude de la dernière année pendant laquelle on ne pourra pas être renseigné. Le délai de priorité de la Convention internationale, qui est actuellement de six mois, devant être porté prochainement à un an, cette période d'incertitude d'une année s'appliquera également aux brevets pris sous le régime de cette Convention.

En ce qui concerne le délai de grâce pour payer en retard les annuités des brevets, sans encourir de déchéance, la loi nouvelle impose le versement, en même temps que l'annuité en retard, d'une taxe supplémentaire de 5 *f* si le versement est effectué dans le premier mois, de 10 *f* s'il s'effectue dans le second et de 15*f* s'il s'effectue dans le troisième. Pour le calcul de ces délais, on appliquera les règles de l'article 443 du Code de Procédure civile, qui compte les dates d'après les indications du calendrier grégorien.

Afin de réaliser dans les meilleures conditions possibles l'impression et la publication des brevets, l'Office national de la Propriété industrielle va remanier et compléter l'arrêté ministériel du 3 septembre 1901, après avoir pris l'avis des Sociétés qui s'intéressent plus spécialement à ces questions.

M. Bert ne signale que les points principaux de cet arrêté, qui paraîtra prochainement dans le *Journal Officiel*.

L'article premier fixe, d'après des données d'expérience et les nécessités pratiques, le mode de rédaction des brevets et l'étendue de cette rédaction, qui désormais ne pourront dépasser cinq cents lignes de cinquante lettres chacune.

L'article 2 limite les dimensions des dessins et le nombre des planches qui ne pourra être supérieur à dix du format 0,33 *m* sur 0,21 *m* ou 0,33 *m* sur 0,42 *m*. Les figures et les lettres de références devront toujours être disposées dans le sens de la hauteur de 0,33 *m*.

Dans des cas exceptionnels, la Commission technique de l'Office national de la Propriété industrielle pourra autoriser que ces limites soient dépassées.

D'après l'article 7, aucune demande de brevet ou de certificat d'addition ne pourra être rejetée comme irrégulière qu'après un avis conforme de la Commission technique et après que le demandeur ou l'inventeur auront été entendus. Cette mesure nouvelle ne peut qu'être approuvée.

L'Association française pour la protection de la Propriété industrielle a demandé qu'il y ait une limite bien marquée entre les brevets délivrés avec l'ancien mode et ceux qui seront délivrés imprimés; le meilleur moyen pour y parvenir a paru être de recommencer un nouveau numérotage à partir du numéro un, ce qui a été accepté.

Enfin, elle a pensé qu'il y avait lieu de modifier la classification des brevets et le mode de publication du catalogue. Un rapport sur cette question, rédigé par notre Collègue M. Périssé, a été, en principe, approuvé par la Commission technique de l'Office et il est en ce moment soumis au Ministre du Commerce et de l'Industrie; il est presque certain que la nouvelle classification proposée sera appliquée pour les brevets déposés depuis le 1er janvier dernier. D'après la classification imaginée par M. Périssé, en s'inspirant de ce qui avait été fait pour les grandes Expo-

sitions, les brevets seraient divisés en vingt groupes et chaque groupe en un certain nombre de classes; ces vingt groupes seraient :

1. Agriculture.
2. Mines, minières et carrières.
3. Métallurgie (métaux ordinaires et précieux).
4. Mécanique générale.
5. Ouvrages en métaux.
6. Électricité.
7. Transports.
8. Travaux publics et constructions privées.
9. Mobilier des édifices et des habitations.
10. Éclairage, chauffage, réfrigération.
11. Alimentation.
12. Industries textiles.
13. Habillement.
14. Physique et instruments de précision.
15. Industries chimiques.
16. Industries d'art.
17. Industries d'enseignement et de vulgarisation.
18. Hygiène, médecine, chirurgie.
19. Armes, munitions, explosifs.
20. Industries diverses.

Le projet de M. Périssé ne comportait que dix-huit groupes, les n[os] 10 et 16 ont été ajoutés par la Commission technique de l'Office national; le n° 5 portait dans le projet Périssé le nom de « Métaux ouvrés ».

M. Émile Bert dit en terminant que le Directeur de l'Office national de la Propriété industrielle, M. G. Breton, ne néglige rien pour assurer toutes les améliorations qu'il est possible d'apporter aux services de la propriété industrielle; aussi, grâce à ses grandes facultés d'organisateur, à son énergie et à sa persévérance, nous n'aurons bientôt plus rien à envier aux établissements similaires de l'étranger.

M. Armengaud Jeune, dans la loi nouvelle, trouve excellentes deux dispositions, celle de la publication intégrale et *in extenso* des brevets et celle relative au délai de tolérance accordé pour payer les annuités. Mais il croit devoir présenter quelques observations au sujet de la disposition de la nouvelle loi, qui donne à l'inventeur la faculté de faire ajourner d'un an la délivrance de son brevet.

Ainsi qu'on le sait, les pièces (descriptions et dessins) jointes à une demande de brevet en France sont mises à la disposition du public, aussitôt après la délivrance du brevet, c'est-à-dire trois mois après le dépôt de la demande. Cet intervalle, déjà long, va être encore étendu pour les brevets dont les demandeurs useront de la nouvelle disposition de la loi.

Les inconvénients qui résultent de cette mesure ont été développés d'une façon très complète dans une note de M. Armengaud aîné, publiée récemment et dont voici les principaux passages :

« Pour les industriels, le brevet secret ou dont la divulgation sera » différée, c'est la marche à tâtons, c'est la crainte continuelle de tomber

» dans un brevet déposé mais non encore délivré, qui aurait plus ou
» moins prévu des dispositions en voie de réalisation ou déjà réalisées,
» mais non encore entrées dans la pratique parce qu'elles auront exigé
» des recherches longues ou des expériences coûteuses. C'est, dans tous
» les cas et à tout instant, la crainte de voir surgir un inventeur, ou
» prétendu tel, qui, armé d'un brevet dont on aura jusqu'alors ignoré
» la teneur, pourra prétendre arrêter une fabrication déjà commencée
» ou en réclamer une part, sans cependant avoir à en supporter les
» premiers frais. C'est, en un mot, l'intérêt d'un seul mettant en échec
» l'intérêt de tous. »

Les partisans de cette nouvelle mesure font valoir qu'on a voulu mettre les inventeurs français dans les mêmes conditions que celles où se trouvent les inventeurs étrangers qui demandent leurs brevets dans les pays où, par suite de l'examen préalable auquel sont soumises les demandes, l'invention est soustraite à toute divulgation, souvent pendant plus d'une année. Mais, si c'est une sorte de représaille qu'on a cherché à exercer à l'égard des lois étrangères, il semble que le but visé est manqué, puisque la loi française est applicable aux étrangers et que ceux-ci pourront également chez nous profiter de l'avantage du secret pendant un an.

Très heureusement, dans la nouvelle loi, on a prévu que le bénéfice de la disposition de l'ajournement ne pourrait être réclamé par ceux qui auraient déjà profité du délai de priorité accordé par l'article 4 de la Convention internationale pour la Protection de la propriété industrielle. On ne peut qu'approuver cette restriction.

Il n'y a qu'une circonstance qui peut justifier et faire admettre la nouvelle disposition du secret, c'est lorsqu'il s'agit d'inventions concernant la guerre et la marine, c'est-à-dire intéressant la défense nationale.

S'inspirant des prescriptions qui existent à cet égard, notamment dans les lois allemande et anglaise, M. Armengaud rappelle qu'il a présenté, en 1893, au syndicat aujourd'hui l'Association des Ingénieurs-Conseils, une proposition ayant pour but de permettre à l'inventeur de faire retarder d'un an la délivrance de son brevet et, par suite, la divulgation de l'invention, pour qu'il ait le temps de la soumettre à la Commission des Inventions militaires et de s'entendre avec le Gouvernement. Il est évident que si cette entente se produisait, l'inventeur retirait sa demande de brevet et l'invention restait absolument secrète. Dans le cas contraire, l'inventeur pouvait laisser délivrer son brevet et rester libre d'exploiter son invention qui, si elle se rapportait à un explosif, par exemple, était susceptible d'applications industrielles.

M. E. Bert reconnaît avec M. Armengaud Jeune les graves inconvénients que présentera le secret des brevets pendant un an. C'est sur l'initiative de l'Association des Inventeurs et Artistes industriels que cette disposition a été introduite dans le projet de loi, mais elle a été vivement combattue, et on ne l'a laissée passer que pour ne pas compromettre l'adoption des autres réformes depuis si longtemps attendues. Mais il estime que, du moment que la Convention internationale de 1883 accorde aux étrangers le droit de venir se faire breveter en France

avec une période de secret d'un an, on ne peut refuser le même droit aux inventeurs français. C'est regrettable, mais forcé. Il faut remarquer, d'ailleurs, que l'ajournement de la délivrance des brevets pendant un an ne doit pas s'appliquer à toutes les demandes, mais seulement à celles qui contiendront une réquisition expresse à cet effet.

M. Armengaud Jeune croit qu'il y a en ce moment confusion dans l'esprit de M. Bert entre le maintien d'un brevet à l'état de secret et le droit de priorité, qui sont deux choses essentiellement différentes. Ce droit de priorité dont il revendique la paternité est la disposition la plus importante de la Convention internationale de 1883. Elle donne la faculté, pour un inventeur qui a pris son brevet dans un pays, de le prendre valablement dans tous les pays adhérents à la Convention, quand, au lieu de vouloir tenir son invention cachée, il entend, au contraire, la faire connaître aux intéressés et même l'exploiter immédiatement.

M. E. Bert répond que la distinction que veut établir M. Armengaud Jeune est spécieuse, car les deux délais dont il parle produiront, en pratique, identiquement le même résultat, qui sera de protéger l'inventeur pendant un an sans que son invention soit divulguée. Les inconvénients signalés par M. Armengaud Jeune sont certainement sérieux, mais ils proviennent de l'augmentation à un an du délai de priorité de la Convention internationale, qui était antérieurement de six mois. Tant que ce délai n'aura pas été diminué, le secret facultatif des inventions sera absolument juste et légitime. Si les tiers ont intérêt à ce que l'invention soit connue dans un très court délai, l'inventeur, au contraire, a souvent intérêt à ce que les moyens décrits par lui, dans sa demande de brevet, restent secrets le plus longtemps possible; il serait injuste de refuser à l'inventeur français un droit identique à celui que les étrangers vont tirer de la Convention internationale de 1883.

M. le Président dit que, de tout ce qui précède, il semble résulter que la législation générale des brevets n'est pas arrivée à la perfection. Il remercie M. E. Bert de sa très intéressante communication et se félicite de la discussion à laquelle elle a donné lieu. Il faut espérer que d'ici quelque temps, nos deux Collègues pourront nous faire part des améliorations qui auront été apportés dans cette matière délicate.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. A. Bouton, H.G. Chanoit, E.-T. Ferat, E. Gouin, B.-M.-J. Legentil, M. Métayer, J. Peres de Sanmillan, D. Macdonald, E.-J. Marin, A.-F. Pellerin, P. Samain, comme membres sociétaires.

MM. P. Blanc, L.-C. Bouvard, P.-A. Dubois, L. Godard-Desmarest, C. Lossow, M. Merle, P.-H. Sauvajol, sont reçus membres sociétaires et

M. E. Ménétret, membre associé.

La séance est levée à 11 heures un quart.

Le Secrétaire,
Georges Courtois.

LE PORT MARCHAND DE BREST
ET SON AVENIR PROCHAIN

PAR

M. E. DUCHESNE

La grande Exposition de 1900 a différé beaucoup, à certains points de vue, de toutes celles qui l'ont précédée, en France et dans les pays voisins. Les Congrès internationaux, entre autres, n'avaient jamais été si nombreux ; jamais, non plus, ils n'avaient réuni tant de membres de nationalités diverses ; nous pouvons dire qu'ils sont, maintenant, passés dans nos mœurs.

En admettant qu'ils n'aient pas été fructueux tous au même degré, on peut dire, cependant, qu'ils ont été l'occasion pour les membres participants des différentes nations, d'apprendre à s'estimer en se trouvant mieux à même de se connaître et de s'apprécier mutuellement. Et en nous quittant ils nous ont tous dit que la France était toujours la grande semeuse et qu'ils auraient grand plaisir à la revoir. De notre côté, nous avons été heureux de l'empressement qu'ils ont montré à échanger avec nous leurs idées, leur science et leurs lumières ; et pour tous, l'œuvre commune a été des plus fécondes.

Les Congrès de la Navigation, de la Marine Marchande et des Constructions Navales, entre autres, ont formulé en quelque sorte une véritable doctrine au sujet des grands navires futurs, des travaux des grands ports, et du rôle imminent des uns et des autres ; ils ont été unanimes à proclamer :

Que toutes les nations maritimes construisent dès maintenant et construiront des navires de plus en plus grands ;

Que ces navires vont de plus en plus vite ;

Qu'un port ou deux, au plus, dans chaque pays, doivent être aménagés en vue de ces grands navires ;

Qu'on doit, dans les ports nouveaux, prévoir des dimensions encore plus grandes ;

Que ces gigantesques navires doivent pouvoir accoster à quai à toute heure de marée pour qu'il y ait le moins possible de

temps perdu en vue d'une exploitation économique d'eux-mêmes et des ports qui les reçoivent.

Tels sont les points saillants des mémoires qui ont été lus et des discours qui ont été prononcés aux séances de ces Congrès, par des Ingénieurs étrangers, comme aussi par des Ingénieurs français; M. Vetillart, alors Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées au Havre, l'un des membres du huitième congrès de navigation a conclu comme suit :

« L'accroissement du tonnage des navires est une conséquence » forcée de la concurrence commerciale, à cause des avantages » que cet accroissement permet seul d'obtenir, au point de vue » de l'économie des transports comme au point de vue du déve- » loppement de la vitesse. Les limites extrêmes que l'on peut » admettre raisonnablement pour les rapports de la longueur à » la largeur et de la largeur au tirant d'eau étant aujourd'hui » atteintes et même dépassées, au dire des constructeurs les » plus savants, tout accroissement nouveau de tonnage comporte » nécessairement une augmentation du tirant d'eau. Jusqu'aux » années dernières, deux causes ont contribué à ralentir la pro- » gression du tonnage : la difficulté pour le commerce de rem- » plir suffisamment de très grandes capacités et l'*insuffisance de* » *mouillage* d'un grand nombre de *chenaux* et de *ports*.

» La première de ces causes a déjà disparu ou tend à dispa- » raître sur un grand nombre de lignes océaniques :

» 1° Par suite du développement de la colonisation ou de la » civilisation des contrées éloignées de l'Europe et de l'extension » du trafic qui en est la conséquence.

» 2° Par suite de la transformation des méthodes de l'indus- » trie des transports maritimes et, notamment, du développe- » ment et du mode d'organisation des services réguliers desser- » vant les longs parcours, avec escales multiples au voisinage » des points extrêmes.

» L'armateur est ainsi conduit à se joindre au constructeur » pour réclamer la suppression du seul obstacle qui s'oppose à » l'accroissement du tonnage, l'*insuffisance de profondeur* des ports, » et pour stimuler l'opinion publique et les pouvoirs publics en » vue d'obtenir les approfondissements qu'il juge nécessaires au » succès de ses opérations. Les lois de la concurrence entre les » ports et entre les nations doivent les déterminer à fournir à la » navigation, par l'approfondissement des ports, les moyens » d'action que le commerce réclame impérieusement.

» C'est une nécessité, sous peine de déchéance pour les ports » qui sont appelés à desservir la navigation océanique, aussi » bien que pour les nations qui veulent conserver leur rang » dans le commerce du monde, de prendre, dans ce but, toutes » les dispositions commandées par les circonstances.

» Les ports ouverts à la navigation océanique doivent donc se » mettre en état de recevoir, *dès maintenant*, des navires de 9 *m* » de tirant d'eau ayant les dimensions extrêmes qui correspon- » dent à ce tirant d'eau, c'est-à-dire 200 *m* de longueur et 20 » à 22 *m* de large. Ils doivent se préparer à recevoir bientôt des » navires de 10 *m* de tirant d'eau avec 240 *m* de long et 24 à » 25 *m* de large ; ils doivent s'efforcer de prolonger de plus en » plus la durée d'accès pour de tels navires afin de faciliter » toutes leurs opérations ; de réduire, et même d'éviter complè- » tement toutes pertes de temps dont les conséquences devien- » nent de plus en plus onéreuses.

» Dans l'intérêt même de la prospérité économique d'un pays » ou d'une région, les ports construits ou améliorés de manière » à satisfaire à ces conditions ne peuvent et ne doivent pas être » trop multipliés. La concentration en un petit nombre de points » des grandes opérations de trafic international est nécessaire » pour deux motifs :

» 1° Parce que la meilleure utilisation des ressources limitées » dont on dispose pour l'amélioration des ports exige que ces » ressources ne soient pas éparpillées entre un grand nombre » d'installations qui seraient nécessairement imparfaites et incom- » plètes ;

» 2° Parce que les affaires commerciales et maritimes ne peu- » vent prospérer et progresser que par la concentration des ser- » vices de transports qui permet au fret de sortie d'affluer en » raison de la fréquence des départs dans toutes les directions, » et aux marchés de se constituer en raison de l'affluence des » arrivages de toute provenance ».

A ces conclusions, notre Collègue, M. J. Fleury, a bien voulu ajouter le poids que lui donne sa compétence bien connue dans la question.

On peut déduire, de ce qui précède, que c'est avec la plus grande circonspection qu'il faut choisir l'emplacement du grand port d'un pays, car, fatalement, son installation devra coûter fort cher, même si elle est exécutée dans les meilleures conditions économiques.

Pour en donner une idée, je citerai seulement les murs des quais pour navires de 10 *m* de tirant d'eau, dans des ports à marée; sans les fondations, ces murs devront avoir une vingtaine de mètres de hauteur! le reste à l'avenant.

En France, nous n'avons pas un seul port qui réponde actuellement aux conditions requises; mais nous en avons un qui pourrait y satisfaire très facilement, c'est Brest. Et non seulement, c'est le seul port français, mais encore c'est le seul port de l'Europe occidentale qui soit comparable, au point de vue du tirant d'eau, à celui de New-York pour l'Amérique.

Jusqu'à ces derniers temps, le port marchand de Brest est resté peu fréquenté; il est utile seulement aux opérations locales ou à peu de choses près.

D'ailleurs, il n'est pas aménagé comme un grand port doit l'être, et les moyens de réparations ou de carénage qu'il offre aux navires sont des plus restreints, malgré les travaux qu'on y a faits depuis quelques années.

D'un autre côté, la voie ferrée qui le dessert était restée simple depuis Rennes et ce n'était pas fait non plus pour en activer le trafic. Cette voie est double désormais.

Cependant, l'importance de la ville (plus de 100.000 habitants), et du port militaire, d'une part, et, d'autre part, la situation de ce port à l'extrême ouest de la France, au point le plus avancé dans l'Océan, méritaient de provoquer plus vivement l'attention et les soins des hommes compétents ou qualifiés pour cela.

Aujourd'hui, on commence à trouver que, peut-être, on a eu tort de trop négliger le port marchand de Brest, et l'État, la Ville et la Chambre de Commerce ont décidé l'exécution de travaux divers parmi lesquels figure une cale de radoub longue de 200 *m*, et située dans le grand bassin du nord-est. C'est là, une bonne intention, un premier pas dans la voie du progrès, et nous ne pouvons que nous en féliciter. Mais puisque le bon vent semble avoir tourner de ce côté-là, nous pensons qu'il y a mieux à faire que de construire cette cale à 200 *m* de longueur. C'est trop ou trop peu!

Si Brest est destiné à rester un port de trafic local, c'est trop, car les navires qui le fréquentent vont rarement à 100 *m* de longueur. En admettant même que la marine militaire soit amenée à se servir de cette cale, 150 ou 160 *m* de longueur seraient largement suffisants. Mais aujourd'hui, on peut le dire, la vérité n'est pas dans cette voie!

Brest, par sa situation unique, par sa rade si belle et si sûre, doit inévitablement devenir un grand port de commerce! Et nous en sommes au moment de notre vie nationale où les destinées du Port de Brest doivent s'accomplir, et s'accomplir sans délai!

Mais que faut-il pour cela?

Il faut y attirer les plus grands navires du monde en leur offrant l'outillage le plus moderne pour toutes leurs opérations, de quelque nature qu'elles soient. Nous sommes à une époque où, en raison de la concurrence terrible que nous font nos voisins d'Europe dans les transports maritimes, il devient nécessaire pour nous autres, Français, de changer notre manière d'agir si nous voulons conserver la part d'importance maritime qui nous revient équitablement, et qui tend à nous échapper de plus en plus.

Malgré l'étendue de nos côtes sur plusieurs mers, nous n'avons pas un seul port qui soit capable de recevoir des navires comme ceux des Allemands ou des Anglais; c'est là une des raisons pour lesquelles nous ne pouvons avoir, à présent, rien de comparable aux *Deutschland*, *Oceanic* ou *Celtic!*

Et cependant, c'est nous qui sommes les mieux placés pour utiliser les grands navires, mais c'est seulement par Brest que nous pouvons y arriver!

Une fois installé comme il doit l'être, ce port ne peut manquer d'être activement fréquenté! Et en effet! Pour ne prendre que le cas des voyageurs d'Amérique en Europe, il est indiscutable que la distance à franchir est la plus courte, comme il ressort du tableau suivant:

De New-York	à Brest.	5 485 *km*
—	à Cherbourg	5 691
—	à Liverpool	5 722
—	à Hambourg.	6 563

C'est donc une différence de 1 100 *km* environ entre Brest et Hambourg, soit un cinquième en plus!

D'autre part, en s'arrêtant à Brest, le navire évite la traversée de la Manche qui est toujours dangereuse, en raison, surtout, du grand nombre de paquebots et autres navires qui la sillonnent en tous *sens*.

Du fait que la distance entre Brest et New-York est plus courte que toutes les autres résulte encore cet avantage que le navire,

ayant moins de kilomètres à franchir, peut emporter moins de charbon que n'importe quel autre; il est donc moins chargé: son tirant d'eau et son déplacement sont plus réduits, et dès lors, à dépense kilométrique égale, sa vitesse augmente et la durée de la traversée en est plus courte encore. Par suite le navire peut faire plus de voyages dans l'année, ce qui en augmente le rendement, comme on est, d'ailleurs, fondé à le désirer en raison de l'importance des capitaux engagés dans ces sortes d'affaires.

La lutte, contre nous, sera donc impossible quand Brest sera notre tête de ligne principale du côté de la mer. Du côté de la terre, il est encore fort bien placé au milieu de la France et de l'Europe, et pouvant recevoir également bien les marchandises venant du nord, de l'est ou du sud, et inversement.

On a dit qu'une Compagnie nouvelle avait l'intention de faire un service entre l'Amérique et l'Europe, en passant par le Cap Breton, l'Irlande et l'Angleterre.

Il faut reconnaître que la traversée océanique serait plus courte, mais elle exigerait plusieurs transbordements!

Or, le voyageur n'aime pas les transbordements, et les marchandises les supportent mal.

En outre, elle s'effectuerait dans une région de l'océan Atlantique beaucoup trop fréquentée par les glaces qui, détachées du pôle Nord, montent se fondre en des eaux moins froides. Sous ce rapport, on le voit, Brest est encore une fois le port tout indiqué par où s'empresseront de passer tous les voyageurs dès que ce sera possible, car le chemin des navires qui en partiront ou y viendront passe loin de celui des icebergs ou des icefields errants.

Nous avons dit qu'il est nécessaire d'agir avec la plus grande économie dans la construction des nouveaux ports. Nous nous efforcerons donc de ne pas faire de dépenses inutiles; ainsi, par exemple, nous conserverons, sans y rien changer, le port actuel pour le cabotage et les services locaux; mais le nouveau port doit être établi sur les bases les plus larges, tout en réservant facilement la possibilité des agrandissements futurs aux prix les plus réduits que l'on puisse espérer.

Et nous nous trouvons ici encore, dans des conditions exceptionnelles, car les matériaux de toute nature sont très abondants tout autour de la rade, et généralement dans tout le pays breton. En nous reportant aux projets dressés, nous voyons que les dragages qui seraient nécessaires, seraient à peu près équivalents

aux terre-pleins à établir et, dans tous les cas, plutôt inférieurs comme cube; de sorte que, contrairement à ce qui arrive dans beaucoup de travaux similaires, on n'aurait pas à remorquer au loin les déblais provenant des approfondissements, comme non plus, à charrier trop de remblais pour la formation des terre-pleins. Des dragues à couloirs bien étudiées feront le travail d'une façon des plus économiques.

Nous savons, d'autre part, que, pour qu'un port soit florissant, il est de toute nécessité que les marchandises à embarquer puissent y être amenées économiquement, comme aussi, les marchandises débarquées doivent être enlevées dans les mêmes conditions. Il y aura donc lieu de remanier complètement, non seulement les tarifs, mais encore les systèmes d'exploitation des lignes de chemin de fer qui desservent Brest. Nous sommes assurés que la Compagnie de l'Ouest y mettra la plus complète bonne volonté, dans le cas où l'État ne donnerait pas suite au projet de M. le député Bourrat.

Quoi qu'il en soit, il sera nécessaire de construire plus tard une ligne électrique de Brest à Paris, en vue du service rapide réservé aux voyageurs, à la poste et aux valeurs. Nous disons une ligne électrique, parce que l'électricité seule est capable de procurer la vitesse nécessaire avec la douceur de marche et la régularité indispensables.

En Allemagne et en Angleterre, on a dépassé, paraît-il, 160 *km* à l'heure ; nous pouvons et nous devons faire mieux un peu plus tard. C'est dire que nous devons aller de Brest à Paris en moins de quatre heures.

En examinant l'ensemble de l'Europe, nous voyons que nous pouvons la considérer comme un immense éventail, dont la ligne de Brest à Paris serait le manche, dont Paris serait l'axe, et dont les branches seraient représentées par nos grandes lignes du Nord, de l'Est, de Lyon et d'Orléans, avec leurs prolongements dans les pays voisins. Si donc un voyageur d'Amérique, venu à Brest avec cinq jours de mer seulement, trouve dès son arrivée à terre un train tel que nous venons de le dire, nul doute que les concurrents étrangers ne sauraient désormais lutter contre nous ; car, à Paris, le voyageur s'il se rend en n'importe quelle grande ville d'Europe ou d'Asie Occidentale, trouvera tous les trains qu'il pourra désirer. Si en outre, les principales grandes lignes françaises étaient remaniées en vue des trains électriques, on voit encore que, malgré tous leurs efforts, les ports étrangers

seraient dans l'impossibilité absolue de détourner les courants à leur profit. Nous verrons, sûrement, plus tard, que ces lignes électriques formeront le grand réseau international de l'Europe. Il est à noter que cette installation de lignes électriques serait beaucoup moins coûteuse que celle des voies ordinaires, parce que les wagons automoteurs peuvent gravir des pentes fort dures ; il n'y aurait donc pas de tunnels à percer, beaucoup moins de déblais et de remblais, fort peu de gares, peu de personnel, etc. En outre, les voies ferrées ordinaires se trouvant dégagées des trains express, auraient une capacité de transport de marchandises beaucoup plus grande, comme aussi la durée des trajets omnibus pourrait être diminuée considérablement, ces trains n'ayant plus à se garer pour le passage des rapides.

Ce n'est pas ici le lieu d'examiner, pour le moment, les conditions de l'exploitation économique de ces voies futures ; — leur étude ultérieure montrera clairement qu'elles seront possibles et pratiques, et que les capitaux qui serviront à les établir seront avantageusement rémunérés, surtout si leurs administrateurs savent tirer parti de toutes les conséquences qui découleront de leur adoption.

Il importerait, cependant, que les sommes dépensées à ces grands travaux restassent fructueuses pendant longtemps. Il serait donc nécessaire d'avoir la certitude que le Port tête de ligne puisse recevoir les plus grands navires prévus, pendant de longues années. En France, aucun emplacement ne peut, mieux que Brest, répondre à ce desideratum, car on doit craindre partout ailleurs les apports de galets, de sables ou de vases des fleuves qui débouquent près des ports ou qui proviennent des érosions de la côte. Dunkerque, Le Havre, Saint-Nazaire sont dans ce cas. Et non seulement les ports eux-mêmes doivent être continuellement dragués, mais encore faut-il surveiller très attentivement les fonds des rades et chenaux d'accès qui les environnent ou y conduisent. Il suffit parfois d'une tempête un peu violente pour bouleverser complètement les travaux les mieux conçus.

A Brest, rien de semblable. Il y a partout une grande profondeur d'eau ; les apports sont nuls, et la nature du sol de la contrée est telle que ces apports ne seront jamais à redouter.

La situation de Brest, au fond de sa rade, est encore une des puissantes raisons qui plaideraient en sa faveur.

Malgré la bonne volonté indiscutable du plus grand nombre

des hommes sages de chaque nation, en dépit des Congrès internationaux qui peu à peu font évanouir les préjugés en adoucissant les haines de peuple à peuple, nous ne sommes pas encore fondés à compter que la paix ne sera plus troublée désormais, et, dès lors, il faut prévoir le cas où des navires de commerce français auront à se réfugier quelque part, en vue d'échapper aux attaques de navires ennemis. Nos ports, en général, sont accessibles ou non suivant l'heure de la marée : à Brest, on peut entrer toujours et de trois côtés différents : nord, ouest et sud, comme on le voit en examinant la carte ; et de plus le port est à l'abri du canon du large ! En France, nous n'en avons pas d'autre ! Ce n'est pas plus Dunkerque ou le Havre que Saint-Nazaire ou La Rochelle qui sont dans une situation comparable ! Rouen, Nantes et Bordeaux ne pourraient être utilisés sous ce rapport que si la marée s'y prêtait ! A Brest, l'heure est indifférente et, si le port est encombré, la rade est encore un abri largement suffisant. Dans nos guerres navales anciennes, bien des combats se sont livrés dans la Manche ou dans l'Océan, rien que pour favoriser l'entrée dans ce port d'immenses convois de vivres envoyés d'Amérique ; je me bornerai à rappeler ceux du 9 au 20 prairial de l'an XI, où nos vaisseaux, inférieurs en nombre, se couvrirent néanmoins d'une gloire impérissable en même temps que leur dévouement sauvait la France de la famine ; parmi eux se trouvaient *la Montagne* et *le Vengeur*. Brest seulement pouvait recevoir le fruit de leur sacrifice et le mettre en sûreté.

Devant tant d'avantages, on est amené à se demander comment il se fait que Brest ne soit pas, depuis bien longtemps, devenu un port marchand de premier ordre ? Sans doute, il y a diverses raisons. Mais nous croyons que les principales sont :

1° que les abords de Brest étaient difficiles parce qu'ils étaient loin d'être balisés ou éclairés la nuit comme aujourd'hui. Les navires à voiles d'autrefois ne pouvaient être conduits avec sûreté comme le sont nos vapeurs au milieu des récifs bretons. Ils étaient à la merci des vents qui pouvaient trop longtemps rester défavorables ;

2° Brest était trop loin !

Aussi longtemps, en effet, que les grands moyens de transport ont consisté en chariots traînés par des chevaux sur nos routes pavées ou non, il a été sage de ne pas chercher à y faire un port comparable au Havre, par exemple, à cause de sa distance du centre de notre pays, distance qui aurait majoré fâcheusement

le prix des marchandises transportées. A cette époque-là, en effet, les durées des longs parcours étaient si considérables que dans l'établissement du prix de transport on pouvait négliger le temps et les frais du chargement et du déchargement des véhicules.

Il n'en est plus de même aujourd'hui, car, avec les voies ferrées, le nombre de kilomètres perd beaucoup de sa valeur proportionnelle.

Comme nous venons de le dire, le transport d'un colis quelconque se composant du chargement, du déchargement et des manœuvres des wagons, de la formation des trains et du roulement sur rails, ce dernier facteur ne prend de l'importance que pour les très longs trajets. A ce point de vue, on peut donc dire que Brest n'est pas plus loin du centre de la France que Dunkerque, le Havre ou Nantes.

Dans tous les cas, les avantages que la France ne manquerait pas de retirer du port marchand de Brest seraient de nature à justifier un tarif spécial, en vue d'arriver plus sûrement à un progrès aussi rapide que possible de ce port, qui doit devenir le nœud des relations internationales de l'Europe avec l'Amérique.

Plusieurs Ingénieurs nous ont fait l'objection que la Marine Militaire et la Marine du Commerce ne peuvent pas, sans inconvénient, fréquenter le même port. Nous aurions pensé le contraire; l'une, à notre sens, pouvant devenir utile à l'autre à l'occasion.

Quoi qu'il en soit, la topographie de Brest est telle que le port marchand, que nous avons étudié, se trouve entièrement séparé du port militaire comme nous allons en juger par la description qui suit :

Actuellement, le port extérieur de Brest est double : port de guerre à l'ouest, port de commerce à l'est.

La première partie, dont la construction est en cours, forme un immense avant-port au moyen : 1° d'une jetée de 250 *m* enracinée à la côte au lieu dit les Quatre-Pompes; 2° d'une digue d'environ 2 200 *m* de longueur, parallèle à la côte et à 1 000 *m* au large; 3° d'une jetée de 800 *m*, enracinée à l'extrémité ouest de la jetée sud du port de commerce actuel. Cela forme une véritable petite rade comprenant environ 300 *ha*, où nos navires de guerre sont amarrés en sécurité sur leurs corps morts. Elle sert aussi au port de commerce, sans qu'il se produise rien de fâcheux. Ce dernier est composé d'un très grand bassin compris

entre la jetée de l'est et la jetée de l'ouest enracinées à terre, et d'une digue parallèle, dite jetée du sud, et à peu près perpendiculaire aux deux premières; elle est à 140 *m* environ de leurs extrémités sud formant, par le fait, deux entrées, une à l'est et une à l'ouest.

L'espace ainsi délimité comprend une superficie d'environ 42 *ha* divisés en trois bassins : nos 1, 2 et 3, et un bassin plus grand, dit bassin du nord-est, par deux petits éperons, nos 1 et 2, et un autre éperon plus grand comprenant un platin de Carénage.

Les quais ainsi formés sont desservis par des voies ferrées qui vont rejoindre la ligne de l'Ouest à la halte du Rody à 4 *km* de la gare de Brest; ils offrent un développement total utilisable d'environ 2000 *m* de longueur ou les navires de commerce trouvent à leur disposition quelques grues à vapeur, et les surfaces nécessaires à leurs opérations.

Les bassins nos 1 et 3 ont 70 *m* de largeur et 130 *m* de longueur. Le bassin n° 2 a 80 *m* de largeur avec la même longueur que les précédents.

Ces dimensions font voir que les navires qui fréquentent ces bassins ne dépassent pas 800 à 1 000 *tx* en moyenne.

L'Administration des ponts et chaussées va commencer une cale de radoub de 200 *m* de longueur, 22 *m* de largeur au radier, 26 *m* en haut (dimension de la porte). Le radier sera établi à — 3,30 *m* au-dessous du zéro des cartes, tandis que le niveau supérieur de l'eau atteindra + 7,80 *m*. Comme on le voit, cette cale pourra caréner des navires beaucoup plus grands que ceux qui fréquentent Brest actuellement.

La marine militaire, sans doute, s'en servira, dans les commencements, plus que la marine du commerce!

Les projets que nous avons étudiés conservent ce port, tel qu'il est, pour le service local ou le petit cabotage.

Pour le nouveau port, nous avons dû chercher d'abord l'emplacement qui serait indispensable aux opérations des grands navires de 9 à 10 *m* de tirant d'eau, et plus. Notons en passant qu'un tel navire ne serait à son aise que si le bassin qui le reçoit lui offre des fonds de 12 ou 13 *m*, car, pendant le chargement ou le déchargement, il ne serait nullement exceptionnel de voir des différences de 2 ou 3 *m* entre les tirants d'eau avant et arrière.

Or, à 1 000 *m* au large de la digue du sud, et dans une direction à peu près parallèle se trouve une fosse longue d'environ

2500 *m*, large de 500 *m* en moyenne, et présentant des profondeurs de 12 à 21 *m* au-dessous du zéro des cartes; le fond est de sable et de vase coquillière. Les deux rives de cette fosse profonde, formée par le banc Saint-Pierre, sont bordées, au nord par le banc de Saint-Marc, et au sud par le banc de Plougastel. Ce sera le bassin *océanique* du nouveau port. Nous avons prévu la construction d'un quai sur toute la rive nord, et sur ce quai, dont le niveau serait à 1 *m* au-dessus des plus hautes mers, nous établirons les hangars nécessaires aux grands navires; 8 ou 10, de 200 à 250 *m* de longueur pourront y trouver place. Il va sans dire que ces quais et ces hangars seront établis de façon à faciliter les chargements, déchargements et enlèvements les plus rapides. Sur le banc de Plougastel, on établira une digue ou brise-lames destiné seulement à protéger les navires amarrés au quai nord. Dans l'avenir, et suivant les besoins, on pourra transformer cette digue en un large quai avec terre-pleins, hangars, etc., de façon à doubler la capacité du grand bassin océanique; ce serait alors de 16 à 20 navires de 200 à 250 *m* de longueur et de 11 à 13 *m* de tirant d'eau que ce bassin pourrait abriter.

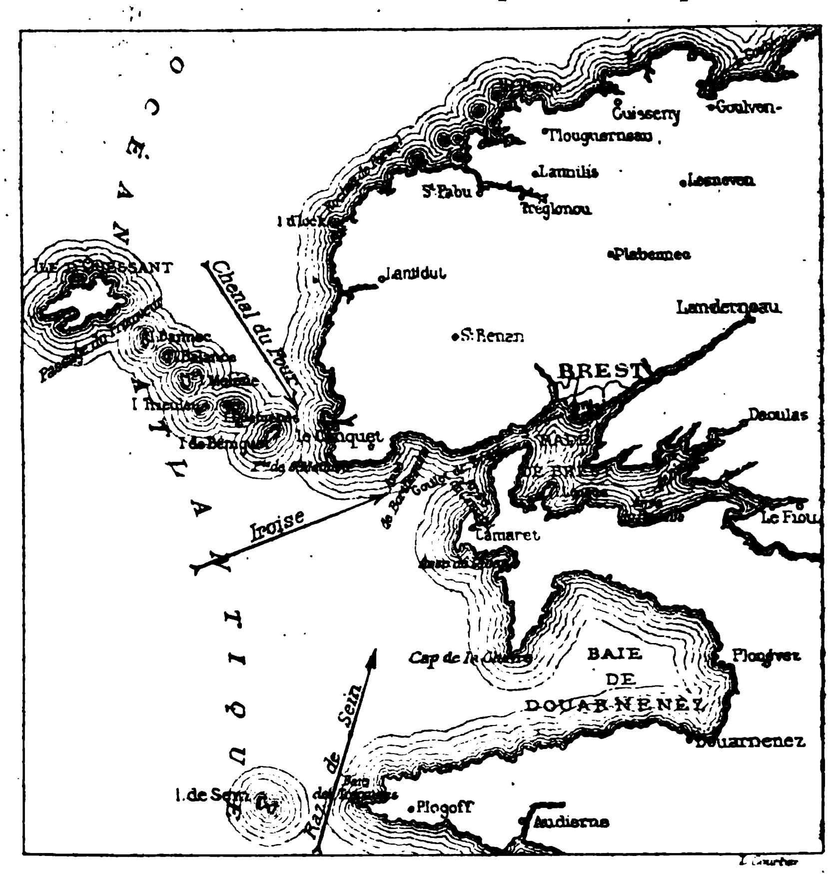
Son ouverture est dirigée du côté du goulet de la rade. Elle a 650 *m* de largeur, mais elle est fermée par deux jetées enracinées respectivement au quai nord et à la digue sud, laissant entre leurs musoirs une passe de 200 *m* largement suffisante quand l'axe du bassin est dirigé convenablement, contrairement à ce qui existe au Havre, par exemple. L'extrémité Est de ce bassin océanique recevra un dock flottant, capable d'enlever les plus grands navires avec leur chargement. A cet emplacement, il ne gênera en rien les mouvements du port, pas plus, d'ailleurs, qu'il n'en sera gêné lui-même.

En outre, si sa présence était réclamée en rade ou même au large, il serait facile de lui faire traverser le bassin dans toute sa longueur sans le moindre inconvénient, pour le conduire où besoin serait. Une fois chargé, il serait tout aussi facile de le ramener à sa place. Toutes ces opérations pourraient s'effectuer à n'importe quelle heure de marée, car, ainsi que nous l'avons dit, les fonds le permettent largement.

Remarquons encore que, malgré les différences considérables des niveaux des hautes et des basses mers, le chargement ou le déchargement des grands navires présentera moins de difficulté que, par exemple, dans un bassin à flot; pendant la haute mer, ce sera la même chose; mais pendant la basse mer, le pont des

navires se trouvera, ou peu s'en faut, à la hauteur du quai. Dans ces conditions, nous avons été amené à choisir de préférence le hangar à deux étages comme devant être le plus avantageux dans tous les cas.

L'examen des plans *(fig. 1)* montre combien les manœuvres seront faciles dans ce bassin océanique réservé spécialement



Plan montrant les cheneaux d'accès de la rade de Brest.

aux très grands navires dont les entrées et les sorties ne présenteront aucune difficulté malgré leurs énormes dimensions.

Le quai nord et son terre-plein auront une largeur de 100 à 150 *m* pour que les chargements, déchargements ou triages puissent être effectués sans embarras.

Au nord du bassin océanique, nous avons prévu un autre grand bassin de marée, construit sur le banc Saint-Marc, par le travers de Poulic-al-lor. Il sera divisé en plusieurs petits bassins

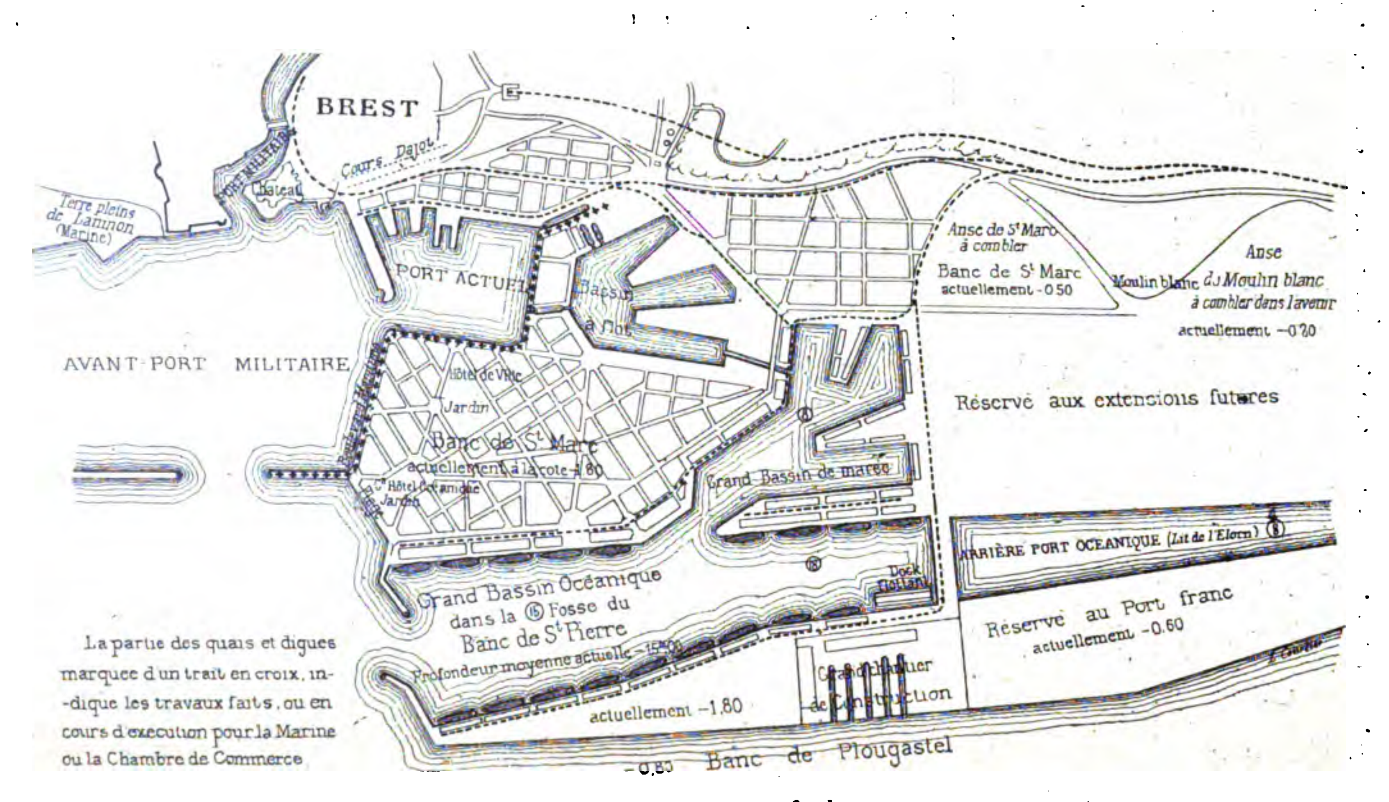
desservis par des éperons formés des murs de quai, et remblayés en terre-pleins avec les déblais provenant des dragages nécessaires pour porter la profondeur, à marée basse, à 8,50 *m* au moins. Elle est actuellement à 1,80 *m* au-dessous du zéro des cartes. Ce serait donc 6,70 *m* à creuser, formant un cube équivalent aux remblais nécessaires, ou à peu près. On le voit, ces travaux ne touchent en rien le port existant. Cependant la Marine va commencer une digue, celle qui s'enracine à l'extrémité ouest de la digue sud actuelle; notre projet prévoit un quai partant du sud-ouest de cette nouvelle digue et venant rejoindre le quai nord du bassin océanique, ainsi qu'on le voit sur les plans annexés (*fig.* 2).

Nous nous proposons de combler au plus tôt l'espace délimité par ces digues et quais pour obtenir l'emplacement d'un quartier nouveau dont les maisons, les hôtels et, en général, toutes les constructions seront établies suivant les règles d'un confortable satisfaisant, et même avec luxe pour un certain nombre, pour que le voyageur qui débarquera n'hésite pas à y prendre quelques jours de repos s'il en a le temps.

Nous avons dit plus haut que la ville de Brest, la Chambre de Commerce et l'État étaient décidés à construire une cale de radoub de 200 *m* de longueur, à l'angle du grand bassin du nord-est. Ce travail déterminera la création de terre-pleins au sud et au sud-est de cette cale, près de laquelle notre projet prévoit un bassin à flot communiquant, par une écluse, avec le grand bassin actuel. Dans ces terre-pleins, deux cales de radoub, plus petites que la précédente, seront établies pour navires de 60 *m* et de 120 *m* au maximum. Auprès de ces cales de radoub, on établira un atelier de réparations muni de tous les perfectionnements possibles afin d'obtenir le travail au meilleur prix, en même temps qu'avec la plus grande célérité.

A l'est du bassin océanique on établira un vaste chantier de construction navale pour les navires futurs qui ne pourraient être construits actuellement par aucun des chantiers français. La profondeur de la rade en cet endroit permettra les lancements les plus difficiles à marée haute.

Nous remarquerons, en passant, que ces chantiers seraient les seuls qui soient capables d'aider efficacement la marine militaire en cas de guerre navale, car ils sont à l'abri des atteintes de l'ennemi. Ceux du Havre, de Dunkerque ou de Saint-Nazaire seraient vite mis hors d'état de continuer leurs travaux. Ce chan-



Nouveau port en eau profonde.

tier sera divisé de façon que son atelier de constructions mécaniques se trouve aussi près que possible du grand dock flottant, pour que les frais et le temps perdu soient réduits au minimum.

Enfin, nous projetons de remplir successivement tout l'espace compris entre le nouveau port et la pointe du Moulin-Blanc qui sera, dans ce but, reliée à la nouvelle digne du sud, embrassant toute l'anse de Saint-Marc dont l'asséchement est déjà commencé, car la profondeur de la rade y est très faible. 300 *ha* environ seront ainsi conquis sur la mer: ils permettront d'augmenter la ville neuve dont nous venons de parler plus haut, et de constituer un port franc, si l'avantage en devient évident, comme il y a tout lieu de le penser. En ce cas, notre avant-projet prévoit une série de bassins en communication avec la mer par le bassin océanique à toute heure de marée, ou par le banc de Plougastel à marée haute; les quais et les terre-pleins en seront réservés aux établissements et aux usines qui voudront s'y fixer.

Les extensions à prévoir pour l'avenir pourront s'effectuer le plus facilement du monde, car le bassin océanique se continue par le lit de l'Elorn jusqu'à 7 *km* à l'intérieur des terres, avec une profondeur considérable et une largeur d'environ 150 *m*, faciles à régulariser. Des bassins à marée ou à flot pourront être construits des deux côtés de ce chenal en leur donnant un angle très aigu avec la direction du thalweg, comme cela se fait dans l'Elbe, dans le Rhin et, en général, dans tous les fleuves aménagés en vue d'un trafic intense.

Et s'il arrivait que nos arrière-neveux se trouvent encore trop à l'étroit, ils pourront combler, jusqu'à la pointe Sainte-Barbe, l'anse du Moulin-Blanc qui s'y prêtera fort bien, car elle ne présente aucune profondeur; ce serait encore 300 *ha* de gagnés.

Brest est donc bien le port de l'avenir, car quels que soient les progrès des navires, ils y trouveront toujours leur place, et non ailleurs, en France ou en Europe.

Nous devons, sans plus tarder, nous mettre à ce travail, car les Américains, toujours entreprenants, veulent envoyer en Europe d'immenses cargaisons de leur charbon par des cargo-boats de plus de 30 000 *t* qui ne peuvent accoster nulle part.

C'est à nous de leur offrir nos quais et nos wagons; ils deviendront ainsi les premiers clients du nouveau port de Brest, non seulement parce que ce charbon sera expédié à destination par nos voies ferrées, mais encore parce que nous établirons, bord à quai, des usines à briquettes aussi bien outillées que possible,

et dont la production atteindra un tel prix réduit que la concurrence étrangère sera désormais impuissante à implanter ses produits sur nos marchés.

La fréquentation du nouveau port par ces premiers cargos provoquera inévitablement un mouvement commercial et industriel dont on peut facilement prévoir l'accroissement rapide, comme une progression géométrique.

Peut-être objectera-t-on que Brest, n'étant pas desservi par des voies fluviales ou par des canaux, serait, par cela même, dans l'impossibilité de se développer comme nous l'espérons. A cela nous répondrons que Marseille, Gênes, Barcelone, et autres grands ports, ont seulement des voies ferrées pour assurer leur trafic. Brest serait donc dans les mêmes conditions; mais, en outre, il peut être desservi par le canal *existant* de Nantes à Brest qui, avec peu d'améliorations, peut devenir des plus utiles, surtout si la Loire est effectivement rendue navigable comme il en est question; Brest, par le fait, se trouvera en relations fluviales avec l'Europe entière, tout aussi bien que les plus favorisés des ports actuels. Donc l'avenir est bien à Brest.

EXPLOITATION DES GISEMENTS AURIFÈRES A MADAGASCAR

PAR

M. H. PÉRÈS

L'or, minerai commun à Madagascar, a été une des préoccupations de tous ceux qui ont visité ces régions et, autrefois, de nombreuses légendes avaient cours sur les gîtes aurifères de ce petit continent dont l'étendue se trouve être singulièrement accrue par la quasi-absence de moyens de transports.

Après la disparition de l'hégémonie hova et la répression du fahavalisme, la question de la découverte et de l'exploitation des gîtes aurifères fut une des plus importantes parmi toutes celles soulevées par l'annexion de Madagascar, qui bénéficia alors d'un très vif mouvement d'opinion.

Comme toujours, en pareille circonstance, les illusions les plus dangereuses côtoyaient l'ignorance et le manque complet de renseignements sur l'importance des gisements et leur mode d'exploitation possible. Cet état d'esprit était soigneusement entretenu et fructueusement exploité par tout un monde de prospecteurs hovas et d'indicateurs betsiléos pour qui ces recherches constituaient une véritable industrie, où leur astuce et leur fourberie tout asiatique pouvaient se donner libre carrière.

Sans parler des recherches de la Compagnie des mines d'or de Suberbieville, dont les installations étaient antérieures à la campagne de 1895, l'Imerina et le Betsiléo furent parcourus par de nombreux chercheurs d'or, colons ou prospecteurs, pressés surtout d'établir les piquets ou signaux de prospection devant leur attribuer les avantages prévus au décret du 17 juillet 1896 sur le régime minier dans la colonie.

La région de l'Ouest fut également visitée, dans la mesure permise par les opérations militaires dont cette partie de l'île fut longtemps le théâtre.

Les prospections exécutées dans la région forestière du versant Est aboutirent, en 1900, à la découverte de gîtes dont le plus connu était situé dans la vallée de l'Ampoasary.

Les résultats relatifs obtenus dans cette région confirmèrent les prospecteurs dans l'idée de pousser systématiquement leurs recherches en suivant les grandes failles longitudinales qui découpent l'île en véritables tranches, dans les parties situées à l'intérieur des bassins des fleuves de l'Est, Fanantara, Sakaleony, Mananjary, Faraony, Namorona, etc.

Cette sorte de fièvre de l'or évolua avec des intensités variables, mais en apportant de plus en plus complets les véritables caractères des gîtes malgaches, ainsi que la connaissance du mode d'exploitation le plus en harmonie avec les conditions économiques du pays et la valeur intrinsèque des gisements.

Ces recherches établirent ce résultat général que la dissémination de l'or rendait toute relative la valeur des gîtes reconnus, les zones d'enrichissement maxima restant toujours très inférieures et comme teneur et comme cube, et incapable d'amener dans la vie économique de la colonie autre chose qu'une répercussion locale.

Nous passerons en revue les différents types de gîtes aurifères qui se rencontrent à Madagascar, et nous montrerons le parti qu'en ont tiré les indigènes et, plus récemment, les colons européens.

Géologie sommaire des gisements.

L'île de Madagascar, pour les trois cinquièmes environ de sa superficie, à compter de sa limite Est, est constituée par une formation gneissique, ayant éprouvé de nombreuses dislocations en tous sens, suivant les lois d'une tectonique compliquée, mais au milieu desquelles l'on reconnaît quelques plissements principaux dirigés suivant une ligne sensiblement parallèle à la côte Est.

La roche fondamentale, gneiss tournant par place au micaschiste, est coupée par de nombreux filons de quartz non aurifères, des filons métallifères (fer) et sillonnée en tous sens par des filons de roches éruptives.

I. — Gneiss et quartzites aurifères.

L'or non alluvionnaire se rencontre, dans cet ensemble, en même temps qu'un quartz qui diffère essentiellement des nom-

breux filons stériles de coloration variable, en si grande abondance dans l'île et dont on trouve des spécimens dans la haute région de l'Ankaratra, ayant plusieurs centaines de mètres de puissance.

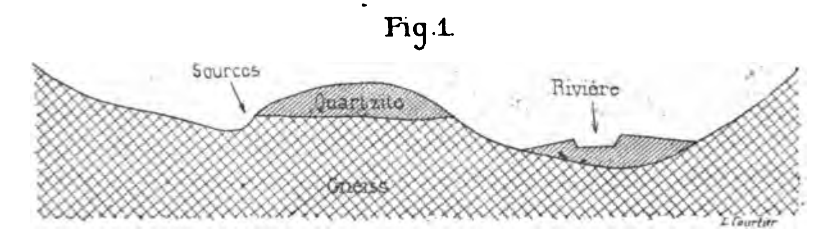
L'or se trouve au milieu de gneiss injectés de veinules de quartz, plus ou moins interstratifiées dans la masse de la roche fondamentale au point de se confondre parfois avec les couches quartzeuses des gneiss et des micaschistes.

Il existe des gîtes formés par ces gneiss aurifères, friables et sans cohésion, peu riches en feldspath et arrivés à un état de désagrégation assez avancé pour qu'il soit possible d'en opérer, sans travail notable, la démolition et le lavage. C'est le *tanyfotsy* (terre blanche) des orpailleurs malgaches.

Cette catégorie de gisements aurifères à très basse teneur, bien qu'encore exploités par les indigènes, ne présente guère qu'un intérêt théorique, d'ailleurs important, en venant expliquer l'origine de l'or d'alluvion autrement que par la notion simple et populaire du filon aurifère.

A cette classe de gisement se rattachent les quartzites aurifères, amas de quartz blanc dont les dimensions peuvent devenir importantes et atteindre plusieurs centaines de mètres *(fig. 1)*.

Fig. 1.



Ces quartzites, arrivées à un état complet de désagrégation, se rencontrent sous forme de calottes ellipsoïdales, placées généralement sur une éminence, au milieu ou sur les bords des vallées. Ces emplacements s'expliquent par la perméabilité de ces lentilles de quartz qui, absorbant immédiatement les eaux pluviales et, en partie ou en totalité, les eaux superficielles voisines, ont empêché les phénomènes d'érosion de se produire à leur surface.

Ces mamelons sont recouverts d'une végétation rabougrie et pauvre, bien en rapport avec l'absence d'éléments fertilisants stables dans ce milieu filtrant, et leurs pourtours sont marqués par des sources abondantes, émissaires des eaux emmagasinées

dans les quartzites. Ce dernier caractère permet de reconnaître aisément ces formations dans un pays comme Madagascar, à terrain imperméable, sans eaux souterraines, et où les puits sont inconnus des habitants (régions du Centre et du versant Est).

II. — Terres rouges aurifères.

L'or en place se rencontre aussi dans les terres rouges provenant de la décomposition des gneiss, et qui sont une des formes de cette roche de surface nommée latérite.

Les terres rouges aurifères se distinguent nettement des autres terres rouges, résultat de la décomposition sur place de roches éruptives, qui colorent le sol de Madagascar de toute la variété de leurs nuances, depuis le rose clair saumon, le rouge pelure d'oignon ou lie de vin jusqu'au rouge garance et au rouge sang à reflets violacés.

La latérite aurifère se présente en bancs irréguliers au milieu de la masse générale du terrain. Elle est constituée principalement par un silicate d'alumine et de fer qui renferme, dans sa masse, pour environ 32 0/0 de son poids, le quartz du gneiss primitif régulièrement rangé en petits cristaux à arêtes vives. Une proportion importante de la masse (de 18 à 20 0/0) est formée par des grains d'oxyde de fer magnétique qui donnent, après lavage de la terre aurifère, un sable noir dense, homogène, à grains réguliers, au milieu duquel sont disséminés les grains d'or non roulés, de grosseur variable, à bords vifs et déchiquetés. La densité de cette terre est de 1 550 *kg* au mètre cube. Son aspect est celui d'une masse compacte et massive. En réalité, les cristaux de quartz noyés dans la masse argileuse forment un véritable appareil de matériaux, sorte de béton se délayant difficilement dans l'eau après un piochage préalable.

III. — Alluvions aurifères, Sables de rivière.

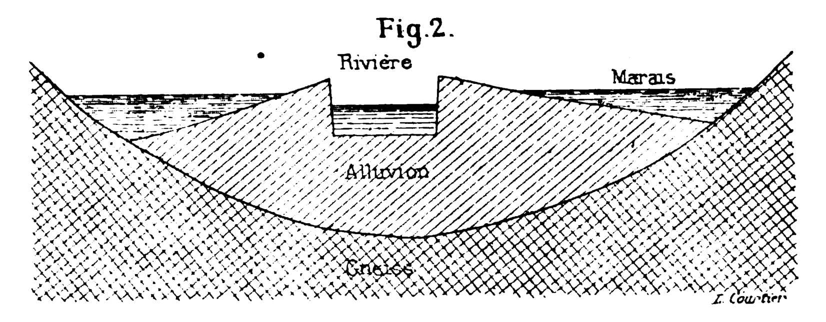
Les alluvions des vallées aurifères sont constituées par le transport et le classement simultanés des éléments constituant les roches précédentes. Il en résulte un enrichissement naturel de la roche aurifère dont la teneur, bien que peu élevée encore, se trouve être supérieure à la teneur des deux types précédents. La formation de ces alluvions, dans ce pays à sol imperméable et à pluies abondantes, paraît obéir à certaines lois que nous allons résumer.

Le profil en long des vallées malgaches se compose d'une série de parties en palier, séparées par des dénivellations plus ou moins brusques formant des chutes. Ces particularités s'expliquent par la nécessité, pour les fleuves et leurs affluents, de franchir tôt ou tard les nombreuses barres rocheuses, simples affleurements ou énormes masses de gneiss (chaîne de l'Angavo) dirigées parallèlement à la côte Est de l'île.

Suivant le caractère plus ou moins accidenté de la région, les parties en palier demeureront encaissées, avec des berges étroites formant bourrelet sur la paroi plongeante des montagnes; ou bien, par suite de ravinements latéraux et secondaires, elles donneront naissance à une vallée élargie où l'eau sans vitesse, ne gagnera qu'après de nombreux méandres la barre rocheuse la limitant à l'aval, par-dessus laquelle elle se déversera en trop-plein.

Par suite de l'importance des érosions qui résultent de ce que le travail des eaux pluviales s'exerce en totalité à la surface, les dépôts seront des plus importants dans toutes les parties horizontales de ces vallées, et l'alluvion ne sera pas autre chose qu'une surface conique engendrée par le déplacement, lent et progressif, dans le sens du courant de l'eau, du sommet du cône de déjection du fleuve (*fig. 2*).

Fig. 2.



Il en résulte ce fait que la rivière coule dans ces vallées sur une éminence comme l'indique la figure ci-dessus, construite en exagérant à dessein l'échelle des hauteurs.

Ces phénomènes expliquent la coexistence, côte à côte, visible surtout dans la région littorale, de fleuves déroulant leurs cours magnifiques au milieu d'un pays extrêmement marécageux. Au moment de la saison des pluies, les eaux franchissent à chaque crue les berges des rivières et, ne pouvant retourner dans celles-ci au moment de la baisse des eaux, stagnent dans les marais dont la permanence se trouve ainsi assurée.

Exploitation de l'or par les indigènes.

Les trois types de gisements aurifères que nous venons d'étudier sont exploités par les indigènes suivant des méthodes peu variées, à la vérité, mais efficaces, puisque les orpailleurs malgaches ne craignent pas de s'attaquer aux gîtes les plus pauvres.

1° *Enrichissement préalable.* — Ceux-ci, gneiss, micaschistes, terre rouge, sont exploités par l'indigène, en faisant subir à la roche un enrichissement préalable, et lavant ensuite à la batée le volume réduit, et contenant, aux pertes près, tout l'or que renfermait le volume primitif.

Supposons qu'il s'agisse de gneiss désagrégé ; l'enrichissement s'opère dans un canal à faible pente de 3 à 10*m* de longueur, creusé dans le sol ferme, à proximité du point, déterminé préalablement avec soin, que l'indigène juge devoir être un emplacement de choix. L'eau nécessaire, au débit de 5 à 10 *l* par seconde, est amenée à l'origine du canal par une dérivation, improvisée en quelques coups d'*angady* (bêche malgache), d'un canal plus important dérivant à flanc de coteau le ruisseau voisin. L'indigène excelle dans ces travaux auxquels il est initié dès l'enfance, par suite des nécessités de la culture des rizières.

Le canal d'enrichissement présente, sur sa longueur, un ou plusieurs ressauts au bas desquels se trouve une section élargie de manière à faciliter le débourbage automatique, tout en permettant le dépôt de l'or en ces points où la vitesse se trouve ralentie.

Le gneiss aurifère, jeté dans le courant d'eau en tête du canal, se débarrasse aussitôt et automatiquement de ses éléments légers, mica et argile pulvérulente. Les grains de quartz eux-mêmes sont transportés et répartis sur la longueur du canal d'enrichissement. Finalement il ne reste, en tête du canal débourbeur, qu'un mélange de sable noir et de quartz en petites parcelles renfermant, en presque totalité, les grains d'or. Ce volume, ainsi réduit, est lavé en quelques batées.

Ce gneiss, ou mieux ces micaschistes aurifères, sont très faciles à laver, car, déjà désagrégés et très friables, ils sont formés pour parties à peu près égales de quartz et de fines paillettes de mica avec une petite quantité d'argile pulvérulente et d'oxyde magnétique de fer, le tout constituant un mélange très hétérogène.

Il n'en est pas de même des terres rouges aurifères dont le

débourbage est laborieux et nécessite un brassage opiniâtre. De plus, des pertes importantes d'or résultent de l'entraînement de grains de métal précieux restés au milieu de petites sphères argileuses, de la grosseur d'une tête d'épingle, ou bien encore dans des taches argileuses restées adhérentes aux parois des grains de quartz.

Aussi ces terres rouges sont-elles peu exploitées par les indigènes. Il en est de même des quartzites au milieu desquelles il lui est impossible d'amener l'eau nécessaire, par suite de la perméabilité du sol à pied d'œuvre.

Il est un cas, assez rare d'ailleurs, où l'enrichissement permet au travailleur malgache d'effectuer une récolte d'or appréciable en peu de temps. C'est lorsque celui-ci dispose d'alluvions aurifères formant comme un prolongement des bords montagneux de la vallée, alluvions modernes émergées du milieu marécageux par suite d'un abaissement régulier et séculaire du plan d'eau, résultant lui-même de la régularisation lente du profil en long de la rivière.

En général, lorsque l'indigène lave des alluvions, il ne procède à aucun enrichissement qui l'obligerait à des transports importants de graviers et sables aurifères, pour sortir de la vallée où le manque de pente l'empêche d'établir son canal débourbeur.

D'ailleurs, les gîtes en alluvions, moins pauvres, appellent avec moins de nécessité ces divers stratagèmes.

Un dernier exemple montre encore l'ingéniosité que développe le Malgache dans sa chasse au métal précieux. Les pluies diluviennes de l'hivernage tombant sur ces roches désagrégées ont pour effet de provoquer un entraînement de l'or, au point que l'indigène considère comme une terre stérile ou terre froide *(tany mangatsiaka)* la surface de ces sols. Il lave, non pas la terre recueillie à la surface, mais celle immédiatement au-dessous, qui nécessite un léger piochage après décapage de la croûte stérile. Par contre, au début de la saison des pluies, il coupe les petits ruisseaux qui servent d'égouts aux eaux tombant sur ces collines aurifères, par des barrages en motte de gazon et pouvant avoir jusqu'à 5 *m* de hauteur. Les eaux sauvages laisseront déposer derrière ces barrages, qui effectivement se comblent intégralement, un sable faiblement aurifère, que les indigènes viendront laver au cours de la saison sèche en démolissant progressivement les barrages.

2° *Lavage à la batée.* — On connait la batée (ou battée), cet instrument primitif employé au début de toute exploitation sur tous les points aurifères du globe. Les batées malgaches sont des plats en bois de 0,40 *m* à 0,80 *m* de diamètre et de 0,10 *m* à 0,20 *m* de creux.

Le produit de chaque opération de lavage, ou, comme l'on dit, de chaque batée, est rassemblé, soit dans une simple assiette émaillée, soit dans une écuelle en fer-blanc. Celle-ci, exposée à un feu doux, permet, à la fin de la journée, de dessécher rapidement la petite masse de sable noir et d'or recueillie.

A la suite de cette dessiccation, on sépare, par insufflation, l'or du sable noir et des grains de quartz qui, entrainés, ne laissent guère que de 2 à 3 0/0 de gangue avec le métal précieux.

La batée est en général maniée par une femme, mais on trouve aussi d'habiles laveurs parmi les hommes ou *mpiasavolamena* (travailleur à l'or). A chaque batée est attaché un groupe de un à quatre hommes, plus spécialement chargé d'approvisionner la laveuse d'or en sable aurifère. Chaque laveur d'or possède l'*angady* ou bèche malgache, outil national servant à tous les travaux.

Ces indigènes possèdent d'une manière complète les divers tours de main nécessaires pour rassembler l'or renfermé dans 6 à 7 *l* de matières aurifères traités en une opération, en deux à trois minutes. Par la combinaison convenable de mouvement de giration et de sassage à la surface d'une eau dormante, l'indigène parvient à rassembler les grains d'or dans la partie inférieure de la matière traitée. Il interrompt ses mouvements plusieurs fois pour décaper, d'un revers de la main, les couches supérieures du sable. Il réduit ainsi, de proche en proche, le volume à quelques centimètres cubes d'un mélange de grains de quartz, d'oxyde de fer et d'or.

Dans ces opérations de lavage une certaine proportion d'or peut être perdue, bien que les indigènes relavent avec soin les boues et sables (tailings) non entrainés, provenant de lavages antérieurs. Cette proportion d'or perdu est d'autant plus réduite que le laveur est plus habile. On peut la déterminer expérimentalement en faisant laver 1 m^3 de terre stérile auquel on a mélangé 1 *g* de poudre d'or composée de grains de grosseur moyenne. On constate ainsi qu'un laveur de force ordinaire retrouve le gramme d'or à 10 et 15 0/0 près.

La matière aurifère, lavée à la batée, provient soit d'un sable enrichi dans un débourbage préalable, soit de graviers aurifères d'origine alluvionnaire ou de sables de rivières. Ces derniers sont obtenus directement au milieu de bancs émergeant en saison sèche ou par un dragage primitif en rivière, exécuté dans l'eau à l'époque des basses eaux, par le chercheur d'or, s'aidant de sa batée et de son angady.

Mais l'emploi le plus général du travail à la batée réside dans le lavage des couches de graviers aurifères déposées à la partie supérieure des alluvions. Ces couches sont recouvertes d'une épaisseur de stérile pouvant atteindre 2 et quelquefois 3 *m*. Lorsqu'un groupe de travailleurs a fait choix d'un emplacement supposé riche, il creuse un trou de 0,80 *m* à 1 *m* de diamètre qu'il pousse jusqu'à la couche aurifère. Pendant qu'une partie du groupe s'ingéniera à épuiser l'eau qui sourd en abondance par cette couche, les autres travailleurs transporteront le gravier dans de vieilles batées, hors d'usage, jusqu'à la laveuse installée dans le voisinage.

On rencontre fréquemment des vallées ainsi parsemées d'un grand nombre de trous, encore visibles au milieu des eaux et des plantes marécageuses et qui sont d'anciennes exploitations aurifères.

L'inconvénient de ces pratiques primitives est que l'indigène n'arrive pas à laver les parties de la couche de gravier comprises entre les trous, car il ne peut augmenter indéfiniment le diamètre de ceux-ci par suite de la nécessité dans laquelle il se trouve, dans ces vallées marécageuses, de lutter contre l'envahissement des eaux par un épuisement incessant.

Détermination des teneurs.

La batée s'emploie à Madagascar pour toutes les prospections. Pour chaque équipe de laveurs, dont on connait la production par pesée directe à la fin de la journée, si on connaissait le volume de roche lavée, on en déduirait sa teneur.

Considérons d'abord les gisements les moins pauvres, les fonds de rivière dragués grossièrement aux basses eaux de la saison sèche par le travailleur au moyen de sa simple angady. Les conditions de ce travail exécuté dans l'eau, avec des moyens primitifs incitant l'indigène à interrompre sa besogne à tout propos, l'empêchent de laver plus de 300 à 400 *kg* de gravier par jour de travail soutenu.

Si on suppose que la récolte d'or est de 3 *g*, chiffre bien supérieur à la moyenne, pour la généralité des placers, et 1 500 *kg* le poids au mètre cube de ce gravier, la teneur du gravier lavé sera de $\frac{3 \times 1\,500}{300} = 15$ *g* au mètre cube.

En réalité, ces chiffres ne donneraient pas un renseignement précis sur la richesse réelle du gisement, car il n'est relatif qu'au gravier lavé à la batée, et ce gravier est toujours le résultat d'une recherche patiente de la part du travailleur qui fait constamment de la prospection avec son outil primitif et se déplace fréquemtnent sans se laisser décourager par ses insuccès. On constate que le cube fait défaut dans ces gisements où l'or, assez gros, se trouve localisé au milieu de masses variables de stérile qui raréfient le métal précieux.

Un calcul analogue fait dans le cas des alluvions le plus généralement rencontrées dans l'île donnerait une teneur de 1 à 3 *g*, pour le gravier aurifère lavé à la batée. Les gisements du genre de ceux rencontrés dans la vallée de l'Ampoasary, de découverte récente et, par suite, non travaillés, ont donné des teneurs supérieures aux précédentes, mais sur des gîtes assez rapidement épuisés et où, là encore, le cube faisait défaut.

Si nous considérons enfin les gisements en roche, gneiss et micaschistes aurifères, terres rouges et quartzites, on constate que les teneurs y sont des plus basses et que, sans l'artifice de l'enrichissement préalable, ces gisements seraient trop pauvres pour être payants même pour l'indigène.

On peut se faire une idée de la teneur moyenne des terres ainsi exploitées de la façon suivante. Le volume V de terre en place se compose, s'il s'agit de gneiss, par exemple, d'un certain volume de mica et d'argile pulvérulente entraînés avec l'eau dans le canal débourbeur; d'un volume partiel de sable quartzeux à grains de grosseur variable répartis sur la longueur de ce canal, et enfin d'un volume *v* de sable noir renfermant l'or, sable qui, seul, est lavé à la batée à la fin de la journée de travail, laquelle est presque totalement employée à l'enrichissement de la terre aurifère.

On détermine alors, dans chacun des chantiers soumis à ces observations, le nombre des batées, ce qui donne le volume *v*, en prenant 6 *l* comme volume de sable lavé en une batée. On pèse l'or recueilli par chaque groupe et on obtient la teneur du sable *v*. Pour avoir la teneur de la roche primitive, il suffirait

de connaître $\frac{v}{V}$. On peut déterminer ce rapport en jaugeant le volume V avant le débourbage. On constate ainsi que, pour la roche que nous considérons, le rapport $\frac{v}{V}$ varie entre $\frac{1}{20}$ et $\frac{1}{30}$.

Le tableau suivant montre les éléments d'un certain nombre d'observations exécutées comme il vient d'être dit :

Numéros des opérations.	Nombre de batées.	Poids d'or recueilli.	Teneur du sable enrichi au m^3.	
1	20	1,40 *g*	10,1 *g*	Teneur moyenne : 5,85 *g*.
2	17	1,60	14,1	
3	16	0,50	5,2	
4	20	0,80	6,6	
5	30	0,40	2,2	
6	10	0,40	6,6	
7	30	0,60	3,3	
8	40	1,50	6,2	
9	20	0,30	2,5	
10	5	0,20	6,6	
11	40	0,70	2,9	
12	45	1,10	4,0	

Si l'on fait la moyenne des teneurs trouvées pour le sable enrichi, on obtient le chiffre de 5,85 *g* au mètre cube. La teneur moyenne de la roche en place avant lavage sera alors $5{,}85 \times \frac{1}{25} = 0{,}214$ *g* au mètre cube en prenant pour le rapport $\frac{v}{V}$ la valeur $\frac{1}{25}$.

Rendement du travail à la batée.

Ce qui précède montre déjà que l'indigène ne saurait obtenir aisément une production élevée dans ces terrains à basse teneur.

De plus, une laveuse d'or ne peut guère, dans sa journée, laver plus de 1 m^3 de gravier aurifère, soit de 150 à 170 batées. Aussi, la main-d'œuvre nécessitée par cette industrie primitive sera considérable relativement au résultat obtenu.

Mais, si la production est faible, il en est de même du prix de revient de lavage du mètre cube de gravier aurifère, qui tombe au-dessous des limites atteintes dans les procédés les plus per-

fectionnés et cela, sans nécessiter l'immobilisation préalable d'un capital

Le poids d'or recueilli en un jour de travail par les batées varie dans de certaines limites assez rapprochées, suivant les régions, la nature des gisements, les habitudes locales, etc.

Sur un nombre de 6 077 pesées d'or représentant un nombre égal de journées de travail d'une batée alimentée par un groupe de travailleurs, pesées exécutées en diverses régions de l'île, il y avait :

41	groupes ayant	produit	plus de 2 *g* d'or, ou. .	0,6 0/0
214	—	—	de 1 à 2 *g* d'or, ou. .	3,5
788	—	—	de 0,5 à 1 *g* d'or, ou .	13,0
5 034	—	—	moins de 0,5 *g* d'or, ou.	82,9
6 077				100,0 0/0

Exploitation actuelle des gîtes aurifères.

Régime des mines.

Depuis l'annexion de l'île à la France, l'État peut concéder à des tiers, dans les conditions du décret du 17 juillet 1896, le droit d'exploiter les gisements aurifères autrefois exploités directement pour le compte de la Reine.

Les grandes lignes de ce décret disposent que tout prospecteur doit être muni d'un « permis de recherche » qui lui donne le droit de planter un piquet ou signal de prospection, lequel le garantit contre l'intrusion de tout tiers autour de ce piquet, dans un rayon de 2 500 *m*. En outre, il lui permet de prendre date pour l'attribution ultérieure des avantages accordés à l'inventeur du gisement.

Dans le cas où le propriétaire du piquet désire exploiter, il doit demander un permis d'exploitation et choisir un certain nombre de lots qu'il ne peut exploiter qu'après les formalités de l'ouverture, en périmètre minier, de la région aurifère où se trouve le piquet de prospection.

Les lots choisis sont attributifs de taxes et peuvent être transformés en concession définitive. Le décret du 17 juillet 1896 règle minutieusement tous les détails de ces formalités.

Ce décret, pris à une époque où l'on n'avait sur les gîtes auri-

fères de Madagascar que des renseignements sommaires et incomplets, suppose implicitement une richesse aurifère, teneur et cube, qui ne s'est pas trouvée vérifiée par la suite.

Les instructions ministérielles accompagnant le décret classent, en effet, les gîtes aurifères en trois catégories, suivant les teneurs supposées probables :

« Ire catégorie : Alluvions riches, renfermant au mètre cube une valeur de produits précieux supérieure à 50 *f* soit, en or, 17 *g*;

» IIe catégorie : Alluvions moyennement riches, renfermant une valeur de 20 *f*, soit 7 *g* ;

» IIIe catégorie : Alluvions pauvres, renfermant une valeur de 12 à 15 *f*, soit 4 à 5 *g*. »

Les principaux inconvénients présentés par cette réglementation résident dans l'apposition de taxes fixes, élevées pour des lots de terrain, en réalité, pauvre et d'une exploitation particulièrement aléatoire.

De plus, elle cadre mal avec les habitudes traditionnelles du travail indigène, qui ne sauraient se plier à l'exploitation d'un petit nombre de lots tracés à l'avance. L'exploitant est mis alors dans l'alternative ou de frauder en laissant ses travailleurs se disperser au gré de leur fantaisie dans toute la vallée aurifère, ou de prendre le maximum de lots (80 pour l'inventeur, 10 pour les autres) et de payer une taxe considérable, 35 *f* par mois, par lot de 1 000 *m* × 250 *m*.

Enfin, ce décret suppose qu'il est facile d'évaluer la valeur de tel ou tel terrain aurifère, et d'y tracer avec sûreté un nombre de lots d'exploitation. En réalité, il n'en est rien et ce n'est qu'à une prospection-exploitation que se livre continuellement l'exploitant européen avec sa main-d'œuvre, travaillant à la batée.

Une nouvelle réglementation est à la veille d'être appliquée (1) et remplacera les taxes fixes par un droit proportionnel sur l'or extrait. De plus, elle édicte de nouvelles dispositions pour s'opposer à l'accaparement de vallées supposées aurifères, au moyen de simples permis de recherches. Ceux-ci sont actuellement indéfiniment renouvelables, moyennant le versement annuel d'un droit de 25 *f* par poteau.

(1) Le nouveau décret sur le régime des mines à Madagascar a été promulgué à Paris à la date du 22 février 1902.

Exploitation par l'Européen.

Le rôle de l'Européen dans le nouvel état de choses consiste, d'une part, à se mettre en règle avec l'Administration, dans les conditions du décret du 17 juillet 1896, d'autre part, à grouper sur ses lots le plus grand nombre possible de travailleurs.

Ce nombre, qui n'est limité que par des difficultés de recrutement, varie de 15 à 20 batées, soit 50 individus environ, pour les petites exploitations, à 100 batées et plus pour les groupements plus importants.

Il se produit, en outre, des rassemblements temporaires de travailleurs sur les régions réputées riches, variables avec l'état d'esprit des indigènes, la nouveauté et la réputation du gisement. On constate alors une course de vitesse entre les indigènes, dans la chasse au métal précieux, émulation stimulée par l'appât d'un gain, important mais problématique, qui exerce une sorte de fascination sur l'esprit crédule de l'indigène et entretient chez lui un véritable tempérament de joueur.

Le laveur à la batée doit remettre, soit tous les jours, soit à la fin de chaque semaine, le produit de sa récolte d'or, à l'exploitant européen ou à son représentant sur le placer, contre paiement du prix convenu à l'avance.

Ce prix varie suivant les conventions, de 1,50 *f* et 1,85 *f* à 2,30 *f* le gramme d'or brut, débarrassé de toute matière étrangère. Dans ces derniers prix l'Européen fait payer un droit fixe journalier de 0,10 *f* à 0,40 *f* par batée travaillant sur ses lots. Cette combinaison assure à l'Européen un minimum de production, mais gêne les travailleurs médiocres qui sont en majorité, et n'est pas acceptée par tous.

Dans ce débat entre exploitant et laveurs d'or, les indigènes comptent en piastres françaises de 5 *f* et prennent pour unité de poids le poids de 27 *g* de l'ancienne piastre mexicaine, autrefois en usage dans l'île. Cette unité se subdivise elle-même en sou, qui vaut 1/100 de piastre, soit 0,27 *g* et en grain de riz paddy (riz non décortiqué) supposé valoir 1/10 de sou, soit 0,027 *g*.

L'indigène, aujourd'hui parfaitement renseigné sur la véritable valeur de l'or, a une tendance à accroître ses prétentions, et il est aidé en cela par les offres des exploitants, sans cesse préoccupés d'augmenter le nombre de leurs batées et, par suite, leur production.

CARACTÈRE DE CETTE EXPLOITATION.

Dans l'état actuel des choses, l'indigène, en réalité, est chasseur d'or, comme il est chasseur de caoutchouc, de cire et de raphia, et l'on peut assimiler cette industrie embryonnaire de l'or à la cueillette de ces divers produits.

Cela explique le quasi-échec éprouvé par les Sociétés exclusivement minières, et l'intérêt, au contraire, qu'attachent à l'or, même apporté par petites quantités, les maisons de commerce. Celles-ci cherchent à se créer une clientèle de laveurs d'or et à s'assurer leur production, en prenant à leur charge l'accomplissement de toutes les formalités administratives. Un représentant européen délégué à cet effet, par chacune d'elles, organise les postes aurifères et collecte l'or.

De nombreuses exploitations aurifères sont, en outre, conduites par des colons opérant isolément, et dans des conditions économiques qui leur permettent de tirer un profit là où toute organisation plus compliquée échouerait.

Main-d'œuvre aurifère.

Beaucoup parmi les groupes ethniques distribués à la surface de l'île de Madagascar participent au recrutement de la main-d'œuvre nécessaire à l'exploitation à la batée des divers gisements de l'île. La plupart de ces travailleurs ont été initiés, bon gré mal gré, à la pratique de ces travaux, sous le gouvernement de la Reine qui y utilisait la main-d'œuvre abondante, résultat des soixante jours de prestation en nature dus par ses sujets. Aussi, ces derniers ont-ils cru pendant longtemps que les exploitants européens actuels n'étaient que les représentants de l'État *(Fanjakana)* à qui ils devaient remettre finalement l'or recueilli sous leur contrôle.

Au moment de l'annexion, les divers cantons aurifères de l'île possédaient un noyau d'importance variable de laveurs d'or. C'est parmi eux que les prospecteurs européens eurent la possibilité de recruter les auxiliaires qui leur étaient nécessaires. Les Hovas, en plus de la main-d'œuvre banale, fournissent à l'Européen des chefs de prospection, indicateurs, chefs de poste. Sous certaines réserves, l'exploitant trouvait dans ces collaborateurs une aide précieuse, malgré leur astuce et leur préoccupation constante de faire payer le plus cher possible des services que, volontiers, ils laissaient entendre comme devant être décisifs.

Le représentant de la classe moyenne hova est un intermédiaire indispensable entre l'Européen et la collectivité des travailleurs à l'or, grâce au prestige considérable qu'il a conservé sur ceux-ci, anciens esclaves libérés ou recrutés dans les dernières couches du peuple, et le plus souvent métissés de Betsiléo, de Sakalave, voire de Mozambique. Ce prestige est attaché à sa qualité d'ancien maître du pays, autorité qui se trouve accrue par la confiance que lui témoigne, au moins dans les manifestations extérieures, l'exploitant européen.

Il se grandit encore aux yeux des travailleurs par ses habitudes, jamais prises en défaut, de décorum, de dignité imperturbable en toutes circonstances, alors même qu'il s'affublerait, comme l'ont représenté pendant longtemps les voyageurs, de défroques et d'oripeaux de toutes origines. A ce souci extraordinaire et exagéré des attitudes et des transitions, il joint une instruction souvent complète, qu'il révèle par l'étalage à tout propos de ses habitudes écrivassières.

La masse de la main-d'œuvre n'éprouve pas le même sentiment de crainte pour l'Européen, bien que la puissance de celui-ci lui apparaisse comme devant être sans limite.

L'impression dominante chez l'indigène, au regard de l'Européen, c'est le sentiment de sa petitesse et un manque total de confiance en soi. L'indigène s'affole aisément à cette idée que l'Européen, jugeant des choses d'après lui-même, peut lui demander une tâche matériellement au-dessus de ses forces. La paresse seule ne saurait expliquer d'une manière suffisante les désertions de chantiers, les abandons de convois, alors que l'Européen s'est quelquefois efforcé de faire accepter un régime de travail modéré par des mesures paternelles et populaires.

C'est dans ces circonstances qu'apparaît l'utilité du contremaître hova, qui est une garantie pour les travailleurs qu'il rassure; il en résulte une stabilité plus grande de ceux-ci et la diminution des désertions, qui sont la plaie de tout groupement de main-d'œuvre à Madagascar.

Mais il s'en faut que ce prestige de l'Européen ait une influence quelconque sur les conditions d'utilisation de cette main-d'œuvre.

Doux et soumis, l'indigène n'en désire pas moins conserver intégrales ses habitudes de vie passive et insouciante. Avant tout chasseur d'or, il ne veut s'astreindre à suivre les règles d'aucun travail méthodique et organisé, et il lui semble tou-

jours que la peine qu'il se donnera pour gagner un salaire déterminé à l'avance dépassera l'importance de celui-ci. Constamment à l'affût d'une aubaine, il s'isole avec son groupe, se dissimule dans quelque profonde crevasse, ou disparaît mystérieusement sous le couvert hérmétiquement clos de la forêt afin que, le soir, dans les cases du camp des laveurs d'or, son endroit d'élection ne soit pas l'objet des commentaires d'autres équipes au cours d'interminables *kabary* qui se prolongent fort avant dans la nuit.

D'une intelligence et d'une finesse de vieux paysan madré, qui étonne l'Européen récemment arrivé dans le pays, l'indigène a pleine conscience de sa situation réelle vis-à-vis de celui-ci. Une lutte incessante est engagée entre l'Européen, pressé de réaliser une production toujours insuffisante à son gré, et l'indigène qui ne sait qu'imaginer pour perdre son temps.

C'est une tâche ingrate et décourageante que celle qu'assume l'Européen qui veut arriver à augmenter la production de ses placers par une amélioration de la main-d'œuvre. En réalité, le travailleur indigène entend rester seul juge de son travail individuel, et c'est mal le connaître que lui demander de renoncer à ses habitudes nonchalantes, prime-sautières, d'abandonner cette exploitation de l'or à temps perdu, à loisir, pour arriver à un travail continu qui le fatiguera, troublera profondément sa vie intime, son existence familiale et dont, à peu près dépourvu de besoins, il n'apercevra pas clairement l'utilité.

En voulant lutter trop ouvertement contre cet état d'esprit, l'Européen est exposé à voir abandonner ses placers et à tout perdre, pour avoir trop désiré. Il ne lui restera plus alors qu'à récriminer avec amertume sur l'absence de main-d'œuvre, tandis que des concurrents voisins, plus avisés, ayant compris que l'exploitation de l'or se résumait en une politique adroite à tenir avec l'indigène, dont on doit s'efforcer de connaître à fond l'esprit et les mœurs, verront leurs chantiers conserver plus longtemps leur population de travailleurs.

Autres procédés d'exploitation proposés.

Pour s'affranchir de cette question de main-d'œuvre, tout à la fois irritante et onéreuse, on a proposé de remplacer le travail à la batée par l'exploitation au sluice. On a même songé à la possibilité d'exploiter par dragage les alluvions et les fonds de rivières.

Il s'agit de savoir si les gisements aurifères de Madagascar, avec le régime de teneurs et de cubes que nous venons de résumer, pourrait justifier l'emploi de ces appareils, lesquels nécessitent l'immobilisation de capitaux importants sous forme de temps, de personnel et de matériel, ainsi que l'organisation et l'éducation de toute une main-d'œuvre nouvelle, chose particulièrement délicate et ardue.

Quelques tentatives de lavage au sluice ont été faites et ne paraissent pas avoir donné des résultats assez satisfaisants pour faire penser que l'emploi de la batée soit près de cesser. Cet appareil paraît n'être utilisable que dans des cas particuliers seulement; on tombe alors dans le mode d'enrichissement préalable, dans le canal à faible pente pratiqué par les orpailleurs malgaches, qui s'empressent de l'employer dès que, par suite de circonstances favorables, comme la pente du terrain et la proximité d'eau abondante, il peut donner des résultats avantageux.

En particulier, le sluice ne saurait être conseillé pour le lavage des terres rouges aurifères, à cause de la mauvaise tenue de celles-ci dans cet appareil. Le dernier terme, en effet, de désorganisation de ces terres compactes y est le grain sphérique, de 1 à 3 *mm* de diamètre, à la faveur duquel une quantité inconnue, mais importante, des grains d'or est entraînée et perdue.

Quant aux alluvions, la nécessité, pour l'Européen, d'exploiter rapidement, l'incertitude du poids d'or à extraire, l'aversion de l'indigène pour ces innovations, les difficultés considérables dues à l'état économique du pays, la faible pente des vallées, ont fait jusqu'à présent conserver la batée comme seul procédé d'exploitation.

On a songé à l'emploi de dragues à or pour laver les alluvions de ces vallées dont les nombreuses chutes fourniraient la force motrice nécessaire à la drague.

Jusqu'à présent la richesse de ces gisements ne paraît pas suffisante pour justifier l'emploi d'appareils, véritables usines flottantes, traitant 50 m^3 à l'heure, qui nécessitent une avance en capital de 300 000 à 400 000 *f* par drague.

M. D. Levat (1) donne, comme limite payante en Guyane pour ses dragues, le chiffre de 2 *f* par mètre cube de dragage, celui-ci comprenant les couches de stérile, d'alluvion aurifère et la couche superficielle du bed-rock.

(1) *Exploitation des placers au moyen des dragues à or*, par D. Levat. — Congrès des Mines et de la métallurgie, 1900.

Production d'or.

D'après les relevés officiels, les quantités d'or extraites de l'île de Madagascar ont été les suivantes :

Année	1898	125 *kg*
—	1899	396
—	1900	1 114
—	1901	1 045

D'après le *Bulletin économique de Madagascar*, il y avait, à la fin de l'année 1900, 72 régions ouvertes en périmètres miniers à l'exploitation publique, sur lesquelles 208 lots (dont 130 de troisième catégorie et 78 de seconde catégorie) étaient exploités par 48 titulaires différents de permis d'exploitation délivrés au nombre de 73.

En outre, 5 Sociétés différentes étaient titulaires de 7 titres de concession représentant une surface totale concédée de 3 119,9750 *ha*.

Conclusion.

La question des mines d'or, d'une actualité si exceptionnelle, est importante pour Madagascar dont elle constitue un des deux ou trois principaux produits d'exportation.

Mais l'état de raréfaction dans lequel s'y rencontre le métal précieux, la faible valeur de ces deux éléments de la richesse de tout gite, à savoir, la teneur et le cube, écartent de ces placers la grande industrie aurifère.

L'exploitation de pareils gisements ne saurait supporter la charge de moyens d'action coûteux, capital travail et capital matériel, et, en opérant autrement, on accroîtrait la valeur du prix de revient notablement plus vite que les chiffres des bénéfices bruts, alors que le but poursuivi est précisément inverse.

C'est ce qui explique pourquoi on ne peut s'empêcher de constater que le procédé si primitif du lavage à la batée, ne nécessitant peu ou pas de capital et donnant un résultat rapide, bien que petit, est encore, dans le plus grand nombre de cas, le mode d'exploitation le plus en harmonie avec ces gisements irréguliers et à basse teneur.

Mais, pour cette raison aussi, la petite industrie aurifère, représentée par le colon opérant isolément et pour son compte, peut

tirer de l'état actuel des choses des bénéfices appréciables, et même fructueux, à condition de bien connaître le pays et de consacrer son temps à la surveillance de ses exploitations. Il devra en particulier s'efforcer, par des moyens inspirés d'une habile politique avec les indigènes, d'accroître l'importance et la stabilité de la main-d'œuvre et d'améliorer sa production.

Il ne faut pas perdre de vue, cependant, que l'indigène est resté à Madagascar, et restera pendant longtemps encore, le maître de la situation économique et que, au lieu d'être exploité par l'Européen, c'est lui qui tirera de celui-ci un profit inespéré. Il est résulté, en effet, de l'annexion de l'île et de l'arrivée d'un nombre important d'Européens, une amélioration considérable de la vie de l'indigène, ce qui le met dans une position favorable pour résister, par les moyens légaux, aux exigences et aux sollicitations auxquelles, par contre, il s'est trouvé presque subitement en butte.

L'exécution de nombreux travaux publics, les nécessités des transports, ont provoqué l'introduction de capitaux importants et le numéraire est aujourd'hui d'une abondance sans précédent dans cette nouvelle colonie.

Ce qui étonne le plus l'indigène à Madagascar, c'est de constater que les Européens, à ses yeux, sont tous riches. Pour lui, leur bourse est un sac d'argent inépuisable, et dans toutes les transactions, alors que beaucoup des prix entre indigènes sont restés à peu près les mêmes qu'autrefois, les prix offerts aux Européens sont exagérés à l'envie.

Ces circonstances économiques semblent devoir expliquer la tendance à diminuer que montrent actuellement certains produits d'exportation tels que l'or, le caoutchouc, la cire. Il semblerait que l'indigène, qui ne se livre à la cueillette des produits de son île que pressé par le besoin, ait une tendance à moins produire depuis que les salaires et les prix de vente des produits, des bœufs notamment, ont augmenté dans une mesure considérable.

Quoi qu'il en soit de ces considérations, l'intérêt qui s'attache à cette question de l'or à Madagascar est resté entier avec cette réserve que, tout en considérant comme possible la découverte de gîtes plus riches, il faut se garder, dans les conditions actuelles, de céder à un entraînement qui conduirait à des projets irréalisables.

LES
CHEMINS DE FER ÉLECTRIQUES

PAR

M. Léon GERARD

Président de la Société belge d'Électriciens

(Suite [1].)

DEUXIÈME PARTIE

INFRASTRUCTURE

Nous pensons avoir démontré, qu'à vitesse égale, l'électricité est, en général, un mode de traction plus économique que la vapeur, et que ses avantages sont d'autant plus marqués, que la variabilité des efforts et le nombre des démarrages sont plus considérables.

Voyons maintenant comment la traction électrique a été appliquée et discutons les modes d'application choisis.

Examinons d'abord l'infrastructure.

La plus rudimentaire et la moins coûteuse en apparence des infrastructures est la route ordinaire sans rails.

Électromoteurs sur routes ordinaires.

Les Automobiles à accumulateurs, protégeant leur mécanisme contre les trépidations de la route par des pneumatiques coûteux, représentent le mode le plus simple, le plus agréable, mais aussi le plus cher de locomotion électrique. Ces applications n'ont guère, jusqu'à ce jour, qu'un caractère sportif.

Les tracteurs destinés au halage des bateaux, les tricycles Gaillot et aussi les tracteurs à quatre roues, dont nous avons fait l'application en Belgique, au canal de Charleroi, circulent sur les digues empierrées ou pavées, le long des canaux, et, par des trolleys cavaliers, empruntent leur courant moteur à une ligne aérienne.

(1) Voir 1re partie *Bulletin* de mars, page 442.

En Belgique, la majeure partie des frais d'exploitation des appareils de traction de ce genre est formée de frais d'entretien et de réparations du matériel et de la route.

Les omnibus sans rails, semblables à ceux réalisés par Lombard-Gérin, en France, sont basés sur le même principe. Leur allure, toutefois, est plus rapide, les trolleys sont eux-mêmes automoteurs. Un petit moteur triphasé court sur la ligne aérienne en avant de la voiture, dont la vitesse atteint 15 *km* à l'heure. L'infrastructure nécessaire est une route empierrée, bien entretenue, sans boue ni cailloux roulants et de surface de roulement parfaite, type de route assez normale en France et dans le sud de l'Allemagne.

La traction électrique, sans infrastructure, est limitée à des cas exceptionnels; elle s'accommode, dans certains cas, de cette circonstance, mais elle coûte en raison inverse de l'état d'entretien du chemin.

Traction par accumulateurs sur chemins de fer.

Une des solutions les moins compliquées, celle qui a tenté nombre de bons esprits, est l'application pure et simple des accumulateurs à la traction des chemins de fer. Cette solution semblait indiquée parce qu'elle résolvait le problème, sans aucune modification de l'infrastructure existante.

Cette solution, toute simple qu'elle est, n'est guère plus pratique que la première. Comme elle, elle est confinée à des cas spéciaux, à des services locaux.

De belles applications en ont été faites, en Belgique et, notamment, en Italie, à la ligne de Milan-Monza, et, en France, par le Nord-Français. Le personnel technique du Chemin de fer de l'État Belge semble, toutefois, n'avoir cherché dans cette application, qu'un champ d'études pour l'application ultérieure d'un matériel approprié aux circonstances spéciales de l'exploitation en Belgique. L'expérience, à quelques détails près, a eu partout les mêmes résultats.

Les accumulateurs, fort utiles adjuvants dans les batteries-tampons à poste fixe, et parfois dans les voitures de tramways destinées à fournir, au centre d'une grande cité, de courts trajets intercalés entre des lignes à contact, ont entraîné à des dépenses d'exploitation et d'entretien considérables. Il en a été de même dans l'exploitation de tramways réalisés en Belgique, spé-

cialement à Bruxelles, où ce système a été abandonné, et à Gand, où il est encore employé. Les exploitations de La Haye, Paris, Vienne, Madison Avenue à New-York, représentent des exploitations de luxe, pour lesquelles le prix a moins d'importance.

Au reste, au point de vue spécial de la traction des chemins de fer, l'application des accumulateurs devait, *a priori*, ne présenter que de faibles avantages pratiques et, en tous cas, des dépenses plus grandes que la vapeur.

Il est utile d'en donner les raisons techniques, pour effacer de l'esprit du public l'impression défavorable à l'électricité, résultant du peu de succès économique de la traction par accumulateurs.

L'électricité emmagasinée par des batteries, ne présente pas d'avantages sur la vapeur, d'abord parce que le rendement électrique des batteries, si bien montées qu'elles soient, est rarement supérieur à 72 0/0 et souvent n'est guère que de 60 0/0, et ensuite, parce que le poids mort de la voiture, des moteurs et des batteries, est de beaucoup supérieur à celui du poids mort, par cheval utile, de la locomotive à la vapeur. (Voir tableau 3, pages 596 à 599.)

Or, nous avons réclamé pour l'électricité un haut rendement et un poids mort n'atteignant, pour les automotrices, que 30 0/0 de celui des locomotives à vapeur.

L'emploi des accumulateurs enlève donc à l'électricité ses deux principaux avantages sur la vapeur, sauf l'absence du bruit et de fumée, avantages à ne prendre en considération que bien accessoirement, encore qu'ils soient parfois déterminants dans des cas particuliers.

Les batteries d'accumulateurs à poste fixe, destinées à des services normaux, prévues en général sans excès de travail, ont un poids spécifique plomb de 200 *kg* par cheval. La réduction de leur poids, quoique portant en majeure partie sur les enveloppes, impliquerait une diminution inévitable de la durée de conservation des plaques.

L'État Wurtemburgeois a cependant essayé une voiture de la firme Kummer, de 27 *t*, qui devait développer 70 *ch*; la rapide usure des batteries démontre l'inefficacité de ce dispositif (385 *kg* par cheval).

La voiture du type Nord-Français donnait 16 kilowatts, soit 21 *ch* à la jante, pour un poids total de 18 *t*, soit environ 857 *kg* par cheval à la jante. Les voitures de Milan-Monza (construc-

teurs Schukert, à Nuremberg) pesaient 66 *t*, dont 18 *t* d'accumulateurs, et développaient 50 *ch* nominaux à la vitesse de 45 *km*. Leur poids spécifique était de 1 320 *kg* par cheval. Leurs moteurs, à quatre pôles, avec réduction unique par engrenages de 61 à 20, étaient à excitation séparée du champ. La même firme, concurremment avec la firme Thury, de Genève, Jaspar et la maison Pieper, de Liège, prit part aux essais faits dans cette voie par l'État Belge. Dans ces automotrices, les moteurs Gearless attaquent directement deux des essieux des bogies. Ces voitures, très confortables, peuvent contenir quatre-vingts personnes; elles ont réalisé, une vitesse commerciale de 27 *km* environ à l'heure. Ces voitures sont équipées par des batteries de 10,5 *t*, donnant des parcours de 50 à 70 *km*.

La Commission des essais des voitures automotrices à accumulateurs détermina la valeur de la résistance par tonne de ces voitures par des mesures très précises, et lui donna la forme :

$$v = 1{,}80 + 0{,}04\,V + \frac{0{,}0415}{T}\,V^2 \pm m \text{ (1)},$$

v étant la résistance par tonne, V la vitesse en kilomètres, T le poids de la voiture en tonnes et m la pente en millimètres par mètre; à 40 *km* la résistance au crochet correspondrait donc à 4,730 *kg* par tonne en palier. La voiture pesant à demi-charge 50 *t*, le travail utile à 40 *km* de vitesse (soit 11,11 *m* par seconde) avec 4,730 *kg* appliqués à 50 *t*, est donc en chiffres ronds de 36 *ch*.

A ce régime, le poids réel par cheval de la voiture automotrice à accumulateurs ressort à 1 470 *kg* par cheval, pour les voitures en ordre de marche, ou 1 314 *kg* pour la voiture à vide.

En déduisant, du poids mort, 12 *t* pour le poids de la caisse, le poids de la partie motrice correspondrait à 34 *t*, soit 945 *kg* de locomotive par cheval à la jante.

Ces poids pourraient paraître fixés avec une exagération résultant du faible travail utile reconnu de 35 *ch*. En admettant même que le travail utile réalisé eût été le double, le poids mort de 475 *kg* à la tonne serait encore quatre fois supérieur aux poids normaux des locomotives à vapeur.

Au reste, au débit limite de 3 1/2 ampères par kilogramme de plaque, les éléments donnaient, en chiffre rond, 100 ampères

(1) Paris, Congrès des Électriciens, 1900. Séance du 21 août 1900. Communication de M. Ernest Gérard, Ingénieur en chef aux chemins de fer de l'État belge.

sous 500 volts, ce qui correspond, en tenant compte du rendement des moteurs (80 0/0) à cette vitesse, à un travail disponible momentanément de 55 *ch*, accusant un poids mort de la partie motrice de plus de 600 *kg* par cheval.

Sous le rapport du poids mort, la traction électrique par accumulateurs semble n'avoir réalisé aucun progrès. Lors des essais de Raffart et Philippart à Paris, en 1882, le poids moteur de la voiture omnibus automobile était de 500 *kg* par cheval et 700 *kg*, caisse comprise.

En 1882-1883, dans la construction de la première voiture de tramways à accumulateurs, notre regretté Confrère, Camille Blanchart, ancien Vice-Président de la Société Belge d'Électriciens et nous-même, nous avons obtenu, en employant les accumulateurs Faure et Julien, une réduction de poids mort allant jusque 350 *kg* à la jante, mais, la durée des batteries fut éphémère, et des poids bien plus considérables furent admis en pratique dans les essais des tramways bruxellois, dirigés par Michelet et Van Vloten en 1885. Il est donc bien certain, après vingt ans de recherches, que l'on ne peut, dans l'état actuel des choses, réduire le poids ni augmenter le rendement et la solidité des accumulateurs au delà des limites indiquées, et que le poids optimum, dans les essais belges, de 600 *kg* par cheval de batterie, moteur et bogie, est une limite pratique.

Ces chiffres montrent l'infériorité théorique évidente de la voiture à accumulateurs, comparée à la locomotive à vapeur pesant de 90 à 150 *kg* par cheval réalisé. La voiture ou la locomotive par accumulateurs pèse de 9 à 13 fois autant.

Quoi qu'il en soit, les essais poursuivis de 1892 à 1898 et de 1898 à 1900 avec un grand esprit de méthode, et aussi avec des ressources budgétaires importantes (1), méritent les plus grands éloges, et ont établi des points importants dans l'histoire de la traction électrique.

S'ils n'ont pas conduit à la réalisation pratique de la traction électrique sur les chemins de fer, ils ont cependant permis de constater que, malgré les conditions d'infériorité indéniables résultant de l'emploi des accumulateurs, et même avec les poids exorbitants sus-indiqués, l'électricité avait une telle supériorité au point de vue de l'exploitation, que M. l'Inspecteur

(1) *Bulletin* de la Société Belge d'Électriciens. — Ernest Gérard, *Essais de traction électrique des trains*. — Séance du 23 février 1901. Bulletin de mars. Pages 92 à 126, tome XVIII.

général Ernest Gérard, chef de cabinet du Ministre des Chemins de fer, en faisant un rapport sur la question des prix par jour et par voiture et, d'accord en cela avec les conclusions des Ingénieurs du Chemin de fer du Nord-Français, a pu conclure pour la voiture automotrice à accumulateurs à une dépense journalière inférieure au « jour-train-vapeur » de voitures similaires (1).

Lignes a trolley.

Le système du transport de l'énergie par fils aériens, caractérisé par l'emploi d'un fil, du trolley à perche, avec retour par les rails, est adopté pour la presque totalité des tramways actuels. Disons, en passant, que c'est à un Belge, fixé en Amérique, à Van de Poele, que notre science doit la vulgarisation de ce procédé (1883-1889).

Pour ceux qui mesurent la portée des idées par le mouvement de numéraire qu'elles provoquent, il n'est pas inutile de signaler qu'en 1900 la valeur totale du capital engagé en Amérique et en Europe dans l'industrie des tramways électriques, a atteint huit milliards 500 millions.

Le système du trolley est celui qui s'applique le plus facilement, et avec le moins de frais, à une ligne de chemin de fer existante de petit trafic et de peu de longueur ; c'est le système par excellence des tramways. Une ligne axiale, à double isolement et à suspension élastique porte le courant, qui fait retour par les rails, lesquels sont rendus plus ou moins conducteurs par l'établissement de grosses liaisons en cuivre à chaque éclisse. Le trolley est souvent remplacé par un archet. Les applications de ce genre sont innombrables en Amérique; elles sont nombreuses depuis quinze ans en Allemagne, en Suisse et en Italie. A titre d'exemple, voici les éléments relatifs à la figure 11 *(Pl. 20)*, qui représente une voiture motrice du chemin de fer de la vallée de l'Isar, construite par Schukert de Nuremberg.

La ligne, établie en 1891, a 51 *km* de longueur, treize stations, des rampes de 33 *mm* par mètre et des courbes de 150 *m* de rayon, elle est composée de rails Vignole de 25 *kg*, les voitures sont automotrices, la section Munich-Grunwald est à double voie sur 9,6 *km*. Vu la longueur de la ligne, il y a deux stations génératrices desservant 13 *km* environ de part et d'autre, et fournis-

(1) Page 123, *loc. cit.*

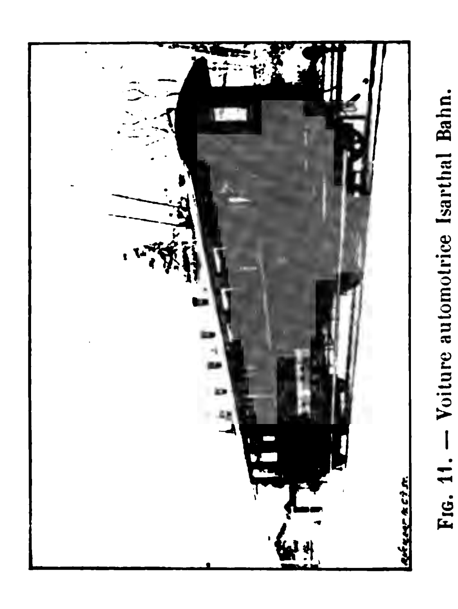


Fig. 11. — Voiture automotrice Isarthal Bahn.

Fig. 13. — Gare et aiguillage Monorail Langen.





Fig. 12. — Monorail Langen-Barmen-Elberfeld.



Fig. 14. — Locomotive Baltimore-Ohio.

sant le courant continu à 580 volts. Le matériel moteur se composait de treize locomotives à vapeur de 34 *t*, pouvant remorquer trois voitures à voyageurs; elles ont été remplacées, en 1898 1899, par cinq voitures électriques automotrices (*fig. 11*). Ces voitures ont 16,15 *m* de longueur, quatre-vingt-dix places assises et trente places sur les plates-formes. Elles ont en section le gabarit normal du Verein. Elles sont portées par deux trucs bogies très massifs; dans chacun d'eux se trouve un moteur Schuckert, type normal de 60 *ch* nets à 700 tours; l'écartement des essieux des bogies est de 2,50 *m*, la distance entre les pivots de bogies est de 10,50 *m*.

Les automotrices portent des freins de trois genres: à air comprimé, électriques de court-circuit, et à main. L'éclairage et le chauffage sont électriques.

A part le mode de distribution du courant continu, dont la portée est forcément limitée (1), la plupart des chemins de fer électriques américains, appartiennent à ce type, qui exige le minimum de changements à l'infrastructure. Il est intéressant de constater que, parfois même, celle-ci est construite à l'aide de l'électricité. La ligne étant posée, suivant l'axe, avant tous travaux, les excavateurs, les pompes, les machines à mortier et les locomotives de travaux sont actionnés par l'électricité. Ce fut le cas de la construction du chemin de fer Norwégien de Hafslund (1899 Schukert, 6 000 volts triphasé, transformé en 500 continu) et de beaucoup d'autres lignes américaines, notamment des lignes de l'Indiana.

Lignes a caniveaux et a troisième rail.

L'infrastructure des lignes électriques n'a pas toujours cette simplicité; les plots, les caniveaux, présentent des exemples de complication et de dépenses très importantes. Disons à ce propos, qu'après bien des tâtonnements, les exploitations à caniveaux fonctionnent de manière régulière, à condition de faire usage de deux lignes parfaitement et doublement isolées, ce qui est le cas du réseau à caniveau des Tramways bruxellois. Il est juste de constater que les efforts de la Société l'Union et du personnel technique des Tramways bruxellois ont été couronnés d'un suc-

(1) On peut utilement consulter à cet égard le très intéressant Rapport présenté au Congrès international des Tramways de Paris 1900, par M. Van Vloten. *Bulletin* de la Société Belge d'Électriciens, tome XVII, page 418, numéro d'octobre.

cès sanctionné par une pratique régulière de cinq années après bien des déboires initiaux.

Le principe du système consistant à supprimer la ligne aérienne et à loger la ligne dans l'intérieur d'une rigole souterraine, est parfait au point de vue théorique. Il l'est moins financièrement.

Le caniveau, contenant une ou deux lignes de contact, constituées non par du cuivre et des fils, mais par des rails rigides en fer ou en acier, est en définitive une forme, appliquée aux tramways, de cette modification très simple de l'infrastructure normale des chemins de fer ordinaires, qui caractérisent les lignes électriques *à troisième rail*. Nous réserverons la description de ce système pour le paragraphe que nous consacrerons, au cours de ce travail, aux chemins de fer Milan-Gallarate-Varese, exploités par prise de courant sur un troisième rail, ce très important système étant surtout caractéristique par ses dispositifs électriques *(Pl. 21, fig. 19, et Pl. 22, fig. 22 à 24)*.

C'est aussi le système du troisième rail qui a, jusqu'à présent, été presque seul employé à la construction des Métropolitains, qu'ils soient souterrains ou surélevés. Dans ce genre de chemins de fer de pénétration, ou de circulation, dans les grandes agglomérations, l'électricité est la seule puissance réunissant les conditions de rapidité, de puissance de démarrage, et d'élasticité, et aussi les qualités de propreté et de confort, nécessaires à ce genre d'exploitation.

Au point de vue des tunnels, le gabarit est minimum, et l'aérage ne présente aucun de ces problèmes spéciaux, coûteux, et le plus souvent insolubles, qui dérivent de l'emploi de la vapeur. Il en résulte que le métropolitain électrique en tunnel est meilleur marché que le même chemin de fer prévu pour la vapeur, du chef de son infrastucture, et présente en même temps de bien meilleures conditions d'exploitation.

Cette conclusion va à l'encontre d'une opinion courante, attribuant précisément l'élévation du prix de revient d'établissement des lignes métropolitaines souterraines à l'emploi de l'électricité, alors que sur des prix kilométriques de 3 à 4 millions par kilomètre, l'électricité intervient souvent à peine pour 200 000 *f.*

Lignes surélevées.

Ce cas très spécial des lignes souterraines mérite d'être comparé au cas des lignes surélevées : le Manhattan Elevated Railway de New-York (voir *Pl. 22, fig. 24)* en est l'exemple classique. La dépense d'infrastructure des chemins de fer birails surélevés est naturellement très forte en raison des expropriations et du poids considérable du pont continu qui constitue l'infrastructure. Le nouveau et somptueux métropolitain de Berlin, qui dépasse en luxe, en fini et en perfection d'exécution dans le détail toutes les constructions similaires américaines, en est la meilleure expression; il coûte au moins aussi cher que les chemins de fer souterrains.

Monorail Langen.

C'est au point de vue de l'économie relative du prix de revient kilométrique, au point de vue des facilités du tracé, par l'emploi de courbes à petits rayons, de l'économie d'exploitation par la réduction des résistances au roulement, que le système de chemin de fer suspendu monorail de Langen est intéressant. Accessoirement le système est défendu comme l'un des moyens futurs de réalisation du cas spécial des chemins de fer à grande vitesse.

Ces raisons justifient que nous nous arrêtions quelque peu à la description de ce système tout en renvoyant nos lecteurs à la très complète description, qu'en a fait le *Génie Civil* de Paris, à la notice de notre Confrère M. Zumach, Ingénieur en chef de la Société Cockeril à Seraing, rédigée en vue d'un projet de chemin de fer électrique avec pénétration métropolitaine Bruxelles-Anvers, et enfin de nombreuses publications allemandes originales.

L'infrastructure du chemin de fer de Eugène Langen, mort en 1895, avant d'avoir vu couronner par le succès ses idées réalisées dans le chemin de fer suspendu de Barmen-Elberfeld, est caractérisée, par l'emploi d'un rail unique porté par une poutre légère, supportée elle-même par des palées de formes diverses. Il permet la circulation d'un wagon suspendu librement à un système de roues portant sur le rail et auxquelles la ou les voitures sont pendues par un bras courbe de manière à reporter le centre de gravité du système bien en dessous du rail porteur.

Les transports de minerais sur rails suspendus ou par telphérage donnent une idée de la statique du système dont l'équilibre est excellent. Au point de vue moteur, le câble du telphérage est supprimé, les roues porteuses sont actionnées directement par les électromoteurs.

Les éléments caractéristiques du système Langen sont, que le centre de gravité du système est fort en dessous du point d'appui et que les voitures ont la faculté d'osciller librement, sans compromettre la sécurité de marche.

Le système se prête donc au passage des courbes prononcées *(Pl. 20, fig. 12 et 13)*.

Le chemin de fer suspendu de Barmen (1) emprunte comme tracé, tantôt l'axe de la rivière la Wupper *(fig. 12)* tantôt l'axe même des routes parcourues par des tramways. Le chemin de fer de Barmen-Wohwinkel est à deux voies, il a 13 *km* de longueur. Le rayon minimum des courbes en voie est de 90 *m*, sauf aux gares terminus où les rayons sont de 30 *m*. Dans les voies de manœuvre, des rayons de 8 *m* sont admis. La figure 13 *(Pl. 20)* montre la disposition d'une gare avec deux voies principales et deux voies de garage, l'aiguille de droite est ouverte, l'aiguille de gauche est fermée. Elle vient de prendre sur sa pointe la voiture que l'on voit à gauche de la figure. Les rampes admises sont de 45 *mm*. Les palées de supports sont espacées de 35 *m*. Les dépenses pour l'ensemble de l'infrastructure, y compris les stations dont on voit la forme au centre de la figure 12, les remises suspendues et les fondations ont atteint 625 000 *f* par kilomètre. Dans ce prix, les expropriations et indemnités n'ont figuré que pour 50 000 marks.

La ligne possède une grande capacité, une grande vitesse, et la consommation de courant est faible.

La ligne a été construite pour être parcourue éventuellement par des trains de quatre voitures espacées de deux en deux minutes, donnant, à raison de 50 places par voiture, 6 000 places offertes par heure dans chaque direction.

La vitesse a été limitée, d'après l'acte de concession, à 50 *km* à l'heure, avec une vitesse commerciale de 30 *km*. Au début, les trains ont été limités à deux voitures, dont l'une motrice et l'autre remorquée. Les voitures motrices ont 46 places, 32 as-

(1) Lüdorf : *Die Schwebebahn Barmen-Elberfeld.* — *Electrotechnischen Zeitschrift*, 1901, numéro 26, et *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*. Vol. XXXXIV 1900, page 130 et aussi de 1894, page 795.

sises et 14 debout; les voitures remorquées, 50 places. Dans cette organisation le nombre des places offertes dans chaque direction est de 2 300 par heure, dans chaque direction. Le poids de la voiture motrice directrice est de 15 600 *kg*, la seconde voiture pèse 15 000 *kg*. Elles sont toutes deux motrices en multiple.

Les bogies sont distants d'axe en axe de 8 *m*, chaque bogie comprend seulement deux roues distantes de 1,10 *m*. Les courbes étant soigneusement établies à courbure régulière et les raccordements employés étant théoriquement exécutés, les passages en courbe sont si doux et si progressifs, que le voyageur n'a pas la sensation de la projection latérale, quoique la vitesse soit maintenue au passage en courbe. Le public s'est, du reste, si bien habitué à ce nouveau genre de locomotion aérienne, que de mars 1901 à janvier 1902, trois millions de voyageurs ont emprunté cette voie. La consommation de courant est de 700 watts-heures par kilomètre-voiture, et la consommation de courant par tonne (poids mort plus charge utile) est de 48 watts-heures. Ce sont des chiffres très favorables. Ils sont inférieurs aux consommations de beaucoup de tramways pratiquant des vitesses bien inférieures. (Il faut tenir compte aussi qu'à Elberfeld-Barmen les stations sont espacées en moyenne de 660 *m*.)

Cette économie est le résultat de l'absence de frottement due à la diminution du nombre des roues et de l'utilisation totale du poids mort à l'adhérence. Grâce à cet ensemble de circonstances, l'accélération, qui est de 0,85 *m* par seconde, est facilement atteinte (1), tout en permettant de limiter la durée du démarrage à 40 secondes, pour atteindre 50 *km* de vitesse effective, sans chocs. La vapeur n'aurait pas permis d'obtenir ce résultat en moins de 130 secondes.

Scientifiquement, le chemin de fer suspendu de Barmen, satisfait, en dépit de son excentricité apparente, à une grande partie des conditions contradictoires d'un chemin de fer électrique métropolitain et d'un chemin de fer à grande vitesse. Au point de vue électrique, il donne le maximum de rendement, il permet de réduire la section droite de la caisse, et de donner une forme appropriée à l'avant de la voiture, pour réduire la résistance de l'air. Il donne le minimum de poids mort par voyageur transporté, mais c'est une solution neuve, étrange même, et qui soulève la réprobation des inévitables esthètes. Elle n'en est pas

(1) Voir diagramme comparatif: *Annales de Glaser*, 15 juillet 1897, page 29, et même journal, 1er décembre 1900, page 223.

moins présentée comme l'un des moyens de parer à l'engorgement des gares reliant nos grands centres, en permettant l'organisation de trains rapides, ayant le caractère de tramways interurbains, pénétrant au cœur même des villes et circulant à très grandes vitesses dans les parcours extérieurs.

Les résultats de l'exploitation de Barmen-Elberfeld sont dès maintenant encourageants, ils ont une importance très sérieuse au point de vue de la réalisation des grandes vitesses.

Monorail Lartigue-Behr.

C'est à ce point de vue aussi, que les mémorables essais de Zossen et les tentatives de réalisation du monorail Lartigue ont attiré l'attention du monde technique.

Lors de l'Exposition universelle de Bruxelles, en 1897, une intéressante expérience de chemin de fer à grande vitesse fut tentée par Behr, au moyen d'une voiture électrique, roulant sur une infrastructure semblable à celle du chemin de fer Lartigue. Le programme visait l'obtention de vitesse allant jusque 200 *km*.

La Commission officielle nommée pour assister aux essais de l'inventeur, eut quelque peine à se mettre d'accord sur le degré d'enthousiasme et de confiance que devaient inspirer ces essais. La vitesse maxima constatée fut de 100 *km* environ, les dépenses de courant énormes, les déformations de la voie, notablement supérieures aux déformations des voies birails de type normal, parcourues par des trains de vitesse bien supérieure aux vitesses enregistrées. La voiture pesait 72 *t* pour 100 voyageurs.

Les conditions de l'expérience, qui n'avait pas coûté moins de 1 250 000 *f*, furent déclarées mauvaises par l'inventeur qui, sans se laisser décourager, et aidé, du reste, par des collaborateurs distingués, étudia de nouveaux dispositifs, plus perfectionnés, de ce monorail caractérisé, en réalité, par l'emploi de cinq rails et d'une quantité de galets guides. Au point de vue de la réalisation des trains à grande vitesse, l'inventeur réclame, pour son système, la possibilité de franchir à grande allure les courbes de petit rayon, la diminution des risques de déraillement et aussi le bon marché.

Les avantages du système sous le rapport de la sécurité sont parmi ceux que l'on lui prête. Quant au passage en courbe raide à grande vitesse, il paraît difficile d'admettre que la précision de montage des cinq files de rails, chacun d'une courbure diffé-

rente, permette d'éviter les chocs latéraux, qui marquent inévitablement le passage en courbe dans les birails.

Or, dans le birail ordinaire, les chocs latéraux en courbe proviennent de l'inexactitude de l'exécution du pliage du rail extérieur sur lequel s'applique le mentonnet de la roue.

Théoriquement, le dévers correspond à une courbure déterminée et devrait compenser les effets de la force centrifuge, mais, en pratique, il est rare que la courbe soit abordée avec la vitesse exacte pour laquelle le véhicule est en équilibre parfait sur le plan des rails, et de plus, à supposer que cette vitesse soit réalisée avec précision, la courbure du rail, n'étant pas exacte et constante de place en place, il y a des variations considérables de la pression latérale du mentonnet sur le rail, de là des chocs en courbe. Tachons d'en calculer l'importance : si φ est l'angle de devers, $\operatorname{tg} \varphi = \frac{H}{gm} = \frac{V^2}{gr}$. H étant le $\frac{mV^2}{r}$. En appliquant cette formule classique au cas d'une voiture de *50 t* à 160 *km*, correspondant à un devers $\operatorname{tg} \varphi = 0{,}20$, on trouve que pour une courbe de 1 000 *m* de rayon, l'effort latéral ou la pression calculée du mentonnet sur la tête du rail est de 10 *t*.

Or, si l'on étudie analytiquement les effets d'une erreur de courbure de 2 *mm* pour une portée de rail de 4 *m*, on trouve que $\operatorname{tg} \varphi$ varie de 4 0/0 de sa valeur si la vitesse est de 50 *km*, de 16 0/0 pour une vitesse de 100 *km*, de 64 0/0 pour une vitesse de 200 *km*. La variation de 50 0/0 en plus ou en moins de la valeur de $\operatorname{tg} \varphi$, pour des erreurs de courbures se chiffrant par une flèche de 2 *mm*, correspond à des chocs pulsatoires d'une valeur de 5 *t*, appliqués à des intervalles de temps d'autant plus courts, que la vitesse est plus grande et les défauts de courbure d'autant plus rapprochés.

En dépit de l'emploi des courbes de raccordements de la forme $y = \frac{X^3}{6rl}$, les chocs à l'entrée de la courbe et dans la courbe même sont inévitables, si les courbures des différents rails ne sont pas rigoureuses, semblables et homocentriques.

Or, si ce résultat est déjà difficile à atteindre par les voies à deux rails, à quelles difficultés ne faut-il pas s'attendre dans les voies soi-disant monorail, où le rail de support et les deux files de rails-guides de la face interne du dos d'âne, c'est-à-dire trois rails devront être homocentriques, et rigoureusement courbés et où la courbe parabolique de raccordement devra être réalisée

pour trois rails. C'est vainement que l'inventeur compte sur le montage à ressort des roues-guides pour atténuer les effets décrits plus hauts. Cet artifice nécessaire (le premier modèle était dépourvu de tout ressort) n'aura d'autre résultat, que de créer des mouvements de va-et-vient, de caractère pendulaire et pulsatif, c'est-à-dire un énergique mouvement de lacet en courbe.

Au point de vue des passages en courbe, la solution de Langen a une supériorité mécanique incontestable. Quant à la transmission de la puissance par chaînes articulées, des moteurs placés au bas des véhicules, aux essieux moteurs occupant l'axe de la voiture Behr, ils présentent non seulement des chances d'usure et de perte par frottement, mais des difficultés continuelles de réglage et une mauvaise utilisation du poids mort.

Il est possible à ce dernier point de vue que l'application au monorail Behr de la traction par induction du système Dulait, Rosenfeld et Zelénay, apporte un remède à ces derniers inconvénients (1). L'avenir nous réserve peut-être à cet égard des surprises agréables, mais les faits acquis à ce jour ne laissent pas que d'inspirer beaucoup de scepticisme, quant au système Behr, à la grande majorité de ceux qui ont été témoins des essais de 1897.

Quoi qu'il en soit, le monorail Behr sera essayé à une grande échelle sur la nouvelle ligne Manchester-Liverpool, construite en partie sur viaducs en maçonnerie, dans les villes, et sur le sol dans les campagnes, avec le système à un rail porteur et quatre rails guides, et deux rails électriques, soit sept rails, disposés en dos d'âne. La ligne a 55 *km* de longueur, des rampes de 1 sur 30, soit 33 *mm* par mètre, de nombreuses courbes dont une de 600 *m* de rayon. La vitesse autorisée est de 175 *km* à l'heure. L'acte du Parlement confirmé le 17 août 1901 prescrit comme une clause essentielle, que le système fera porter le centre de gravité des véhicules au moins 12 pouces en dessous du plan du rail porteur. Les voitures pour 36 voyageurs pèseront 39 *t* avec 515 *ch*. Elles seront susceptibles de développer 1 100 *ch*, pendant les périodes d'accélération. Le coût de l'entreprise est de 70 000 000 *f*.

Elle représente un effort colossal dans lequel il faut souhaiter de voir déployer par les exécutants autant de science et de prudence, qu'il a été mis jusqu'à ce jour de courage et de persévé-

(1) Voir *Bulletin* de la Société belge d'Électriciens, *Traction tangentielle*, par Léon GERARD, février 1901, page 54, tome XVIII.

rance par le promoteur du système monorail Behr, pour faire adopter en matière de grande vitesse les principes fondamentaux du système Lartigue, destiné par son inventeur aux petites vitesses.

Les essais de traction à grande vitesse réalisés en Allemagne, ont été tentés sur une voie birail ordinaire. Toute l'attention des expérimentateurs a été attirée dans la première campagne d'essais, sur l'étude des dispositifs électriques. Nous verrons plus loin combien ils ont magistralement réussi dans cette partie de leur entreprise; nous décrirons en détail les prises de courant et les dispositions des moteurs. Une vitesse de 160 *km* a été atteinte; toute la partie électrique, à peu de détails près, a répondu à l'attente des auteurs; la faiblesse de l'infrastructure du birail de 33 *km* de la voie militaire de Zossen-Marienfeld, dont les constructeurs ont été sans doute mal avisés de faire pour un moment une voie de trafic lourd à grande vitesse, a seule empêché la continuation de la série des essais. Nul doute qu'une voie de rails de 48 à 60 *kg*, de type étudié pour résister à la poussée latérale, solidement établie dans ses éclissages ou plutôt sans joints opposés, nul doute, disons-nous, qu'une voie du type des lignes internationales Belges, armée du rail Flamache, n'aurait parfaitement résisté à la vitesse de 160 *km* et même à 200 *km*. Au reste la résistance des lignes françaises aux vitesses normales de 120 *km* permet d'affirmer que l'étude d'une superstructure susceptible de résister aux chocs engendrés dans des vitesses beaucoup plus grandes, est un problème parfaitement soluble.

Peut-être y aura-t-il plus de difficultés quant à la réalisation des attaches des caisses au bâti, pour résister aux effets de l'inertie dans les arrêts et aux pulsations latérales.

Conclusions au point de vue de l'infrastructure.

Pour conclure au sujet de l'infrastructure, la question de l'application de l'électricité à la traction est des plus simples pour les vitesses égales ou inférieures aux vitesses normales de nos divers modes actuels de transport. De l'automobile, du chariot automoteur jusqu'au train rapide de 120 *km* à l'heure, l'électricité s'applique facilement à toutes les infrastructures. Quant au problème des grandes vitesses, les questions d'électrotechnique qu'il soulève sont, comme on le verra plus loin, résolues parfaitement et les solutions du problème sont nombreuses.

Pour réaliser les vitesses supérieures à 120 *km*, beaucoup de bons esprits pensent devoir accroître la stabilité des véhicules, en plaçant leur centre de gravité sous le plan des rails, tandis que d'autres praticiens, et non des moins expérimentés, ont pleine confiance dans la voie à deux rails, avec roues à mentonnet, et pensent pouvoir la parcourir à la vitesse de 200 *km*, en donnant aux rails, aux traverses et aux éclisses des formes particulièrement robustes.

Nous n'avons pas la compétence nécessaire pour exprimer une opinion utile dans ce débat, mais nous devons constater, en notre qualité d'électricien, que de notre côté tout est prêt, quant à la solution du problème des grandes vitesses, lequel est ramené à un problème de Génie civil, doublé d'un problème financier.

Le tramway, le chemin de fer régional, le chemin de fer de banlieue surtout, et les métropolitains souterrains ou surélevés peuvent être électriques et peuvent être établis sur les infrastructures existantes, au grand bénéfice de leurs exploitants et du public, à condition d'être exploités à vitesse normale. Ce problème est résolu économiquement et techniquement, ce que nous démontrerons, pensons-nous, par les exemples dont traite la troisième partie de ce Mémoire.

Seul le problème de la construction des infrastructures pour les très grandes vitesses reste à résoudre par les constructeurs et les Ingénieurs du service de la voie. Quant aux services de l'exploitation, ils sauraient établir, dès maintenant, le tarif extraordinaire qui sera exigible pour ces parcours de luxe : ces tarifs seront chers, non pas en raison de l'emploi de l'électricité, mais en raison de la vitesse, des frais extraordinaires d'exploitation, et du capital engagé dans les voies. Ces côtés du problème des grandes vitesses ne sont actuellement résolus ni économiquement ni techniquement.

TABLEAU N° 3

DONNÉES NUMÉRIQUES COMPARATIVES

SUR LE

MATÉRIEL ROULANT DES CHEMINS DE FER ÉLECTRIQUES

TABLEAU

Données numériques comparatives sur le

A. — Voitures automotrices

LIGNES et CONSTRUCTEURS	VITESSES APPROXIMATIVES commerciales	VITESSES APPROXIMATIVES maxima	PUISSANCES TOTALES normales	PUISSANCES TOTALES maxima	NOMBRE de MOTEURS	NOMBRE DE PLACES assises	NOMBRE DE PLACES debout	NOMBRE DE PLACES TOTAL
	km	*km*	*ch*	*ch*				
Isarthal-Munich-Grünwald . (Schuckert) (1898).	30	50	120	250	2	90	30	120
Burgdorf à Thun (Suisse). . Brown et Boveri (1899).	—	40	320	600	4	66	6	72
Lignes de l'Indiana. . . . . Westinghouse El. Cy (1900).	66	95	300	700	2 ou 4	44	6	50
Milan-Gallarate-Varèse . . . Union (Berlin), General El. Cy (Schenectady) (1901).	53 à 80	100 à 112	300 —	640 —	4 —	73 73	11 11	84 84
Lecco-Sondrio-Chiavenna . . Ganz (Budapest) (1902).	30	65	300	600	2 de 75 et 2 de 150 HP	56 ou 30	6 6	62 36
Zossen-Marienfeld . . . . . Siemens (1901).	—	160	1 000	3 000	4	48	—	48
Zossen-Marienfeld . . . . . Allgemeine (1901).	—	160	1 000	3 000	4	50	—	50
Monorail Langen. . . . . . Barmen-Elberfeld (Schuckert) (1900).	30	50	72	140	2	32	14	46
Monorail Behr (projet) . . . Manchester Liverpool (?).	—	175	640	1 110	4	38	—	38

N° 3

Matériel roulant des Chemins de fer électriques.

à contact.

POIDS MORT		POIDS MOYEN DES VOITURES MOTRICES			OBSERVATIONS COMPOSITION DES TRAINS POIDS MOYEN NET PAR VOYAGEUR TRANSPORTÉ
de toute la voiture	de la partie motrice	par cheval du tout	par cheval de partie motrice	par voyageur du tout	
t	*t*	*kg*	*kg*	*kg*	
30	8	250	66,5	250	Trains composés de 1 motrice et 1 remorquée. Poids par voyageur : 208 *kg* (moteurs compris).
32	10	100	31,2	435	Train de 2 motrices et 3 remorquées de 100 places, à 20 *t*. Le poids mort, compris moteurs, par voyageur est de 280 *kg*.
29 à 32	9	106,5	30	640	Trains fréquents composés de 1 motrice et de 1 ou 2 remorquées. Poids mort moyen de train par voyageur : 407 *kg*.
43 remorq. 20	13 —	143 —	43,3 —	510 238	Trains de banlieue : 40 *km* en 45 minutes. Trains directs : 40 *km* en 30 minutes (Milan à Gallarate). Ces trains sont composés de 1 motrice, plus 1 remorquée, ou 2 motrices en multiple unité pesant ensemble 70 *t*, soit 415 *kg* par voyageur.
54 54	12 12	180 180	40 40	ordin. 870 luxe 1 500	Il existe 2 types de voitures. 1re classe, salon de luxe : 30 places ; 2e et 3e classe : 56. Le train, composé de 5 voitures, comprend 4 voitures de 17 *t* et 1 motrice de 54 *t*. Poids mort par voyageur : 363 *kg*.
90,5	42	90,5	42	1 887	Déduction faite du poids de transformateur et la batterie, 12,8 *t*, le poids moteur par cheval est de 29,2 *kg*, le poids par voyageur, 1 640 *kg*.
90	30	90	30	1 800	Déduction faite du poids de transformateur et batterie, 9,1 *t*, le poids moteur par cheval est de 20,9 *kg* ; le poids par voyageur, 1 620 *kg*.
15,6	2	217	28	339	Les trains sont de 2 voitures en multiple unité. La voiture directrice pèse 15,6 *t*, la seconde 15 *t* (passagers compris). Le poids mort total du matériel est de 23 *t* pour 96 voyageurs, soit 240 *kg* par voyageur.
39	25	61	39	1 050	Les chiffres relatifs sont hypothétiques. Ils sont reproduits d'après un projet des promoteurs.

TABLEAU N° 3. **B. — Voitures automotrices**

LIGNES et CONSTRUCTEURS	VITESSES APPROXIMATIVES		PUISSANCES TOTALES		NOMBRE de MOTEURS	NOMBRE de VOYAGEURS totaux
	COMMERCIALES	MAXIMA	EFFECTIVES	MAXIMA		
	km	*km*	*ch*	*ch*		
Milan-Monza (1899). . . Schuckert.	30	45	50	100	2	88
État Belge (1896 à 1900). Schuckert, Pieper, Dulait et Cie.	27	40	36	100	2	92

TABLEAU N° 3. **C. — Locomotives électriques**

LIGNES et CONSTRUCTEURS	VITESSES MAXIMA	PUISSANCE TOTALE	NOMBRE de MOTEURS	EFFORTS MAXIMA au crochet
	km	*ch*		*t*
Burgdorf-Thun . . . . (Marchandises et voyageurs.) Brown et Boveri.	20	300	2	3,200
Milan-Gallarate-Varèse. . . . . Union et General El. Cy.	43	640	4	5,650
Lecco-Sondrio-Collico . . . . . Ganz-Buda-Pest.	30	600	4	7
Baltimore-Ohio . . . . (Marchandises et trains lourds.) General El. Co.	97	2 000	4	19,500
Paris-Orléans. . . . . (Voyageurs, petite vitesse.) Union et General El. Co.	24	1 000	4	7,350
Hoboken Shore Co (U.S.A.) . . (Manœuvres.) General El. Co.	13	400	4	4,530

accumulateurs.

POIDS MORTS			POIDS MOYEN			OBSERVATIONS
Total en ordre de marche	Équipement électrique et partie motrice	Accumulateurs y compris liquide et caisses	par cheval du tout	par cheval moteur batterie et équipement	Poids total par voyageur	
t	*t*	*t*	*kg*	*kg*	*kg*	
66	25	18	1 320	860	660	Les batteries sont rechargées après un parcours de 90 *km*. Le chargement dure 1 heure 1/2. Consommation : 26 watts-heure par tonne-kilomètre fournis par la batterie.
53	24	10	1 470	945	575	En raison du débit des batteries, les moteurs de ces voitures n'ont pas été mis à leur régime normal.

contact.

POIDS MORT	POURCENTAGE utilisé à l'adhérence	POIDS PAR CHEVAL	OBSERVATIONS
		kg	
20	16	62,5	Locomotive à deux usages et à deux vitesses de régime, 20 *km* et 40 *km*.
37	15,3	57,8	Locomotive d'essai.
46	15,2	76,5	Prévue pour remorquer 250 *t*, outre son poids, sur rampes de 20 *mm* par mètre.
96	20	48	Service de tunnel.
50	14,7	50	Service de manœuvre de la gare d'Austerlitz au quai d'Orsay.
28	16,2	70	Service de gare, a remorqué, outre son poids, 255 *t* sur rampes de 11 *mm* par mètre.

TROISIÈME PARTIE

ÉTUDE DES LIGNES ET APPAREILS DE DISTRIBUTION ET DE CAPTATION DU COURANT

L'examen des procédés d'application de l'électricité aux chemins de fer, envisagés sous le rapport des modes de captation du courant, est facilité par la classification générale proposée plus haut entre les locomotives à courant continu et les appareils employant directement le courant polyphasé dans leurs moteurs.

Emploi des courants polyphasés. — Lignes d'alimentation.

C'est le lieu de dire ici que cette classification ne doit pas conduire le lecteur à conclure de manière générale, qu'il existe des chemins de fer proprement dits, n'employant pas le courant polyphasé; bien loin de là : toutes les distributions pour chemins de fer s'étendant à plus de 15 *km* environ de la centrale, doivent forcément et inéluctablement, dans l'état actuel des choses, employer les courants polyphasés pour le service des lignes de distribution, et la distinction entre le courant continu et le courant alternatif, n'apparaît jusqu'ici, qu'au sujet de la nature de la transformation, et du mode d'emploi sur les lignes de contact et dans les moteurs.

Les raisons de ce fait technique sont multiples :

1° Pour transporter utilement des puissances électriques à 50 ou 100 *km*, une très haute tension allant de 3000 à 20 000 volts doit être utilisée, afin d'économiser le poids de cuivre des lignes en raison directe du voltage adopté. Or, les courants triphasés permettent, à tension égale, une économie de 25 0/0 sur le courant monophasé ou continu ;

2° A côté de cet avantage économique, la construction des générateurs polyphasés à haut voltage est plus simple et moins coûteuse que celle des machines génératrices continues, et leur maniement plus facile et moins dangereux;

3° L'utilisation d'un courant continu de 10 000 volts ne peut être réalisée, faute d'électromoteurs continus de cette tension, qu'en employant un grand nombre de moteurs branchés en série, comme dans le très intéressant système Thury, applicable à des installations fixes et à des cas spéciaux; au contraire, les courants polyphasés se prêtent très facilement à la transformation

en courant à basse tension, soit continu, soit triphasé, dont la manipulation est très facile, et qui seuls parcourent les lignes de contact. Sur celles-ci se branchent en dérivation, c'est-à-dire de manière tout à fait indépendante, les moteurs des locomotives dont la tension limite pratique est de 1 000 volts pour le courant continu, mais peut atteindre 3 000 volts pour le courant alternatif.

Moteurs a courant continu.

On conçoit donc qu'à moins de circonstances locales exceptionnelles, résultant de la petite longueur des lignes, du peu d'importance du trafic, ou de la présence de forces naturelles convenablement disséminées (tel est le cas des premiers chemins de fer continentaux, celui de l'Isarthal, construit par Schuckert par exemple), toute distribution à grande distance pour alimenter un chemin de fer nécessite comme base, la production du courant sous forme polyphasée à haute tension, et la classification en systèmes continus ou alternatifs, ne s'entend donc qu'au point de vue du mode d'utilisation.

Trolleys, lignes aériennes, et retour par les rails.

Les premiers chemins de fer électriques furent des tramways à grande échelle. Longtemps la General Electric Cy de Schenectady et sa filiale européenne l'Union et la Thomson-Houston, qui ont acquis une renommée universelle dans les questions de traction électrique, n'ont pas changé autre chose au schéma primitif du tramway de Van de Poele, que l'échelle et les proportions des pièces.

Le plus sérieux exemple de ce type primitif de chemin de fer, est représenté dans la figure 14 *(pl. 20)*, relative à l'une des cinq grandes locomotives du Baltimore Ohio Railway. L'emploi de l'électricité a été presque imposé par l'intensité du trafic dans le tunnel traversant Baltimore, amenant une telle fumée, que pour les machinistes et les voyageurs, la traversée était insupportable.

Les puissantes locomotives électriques, remorquent les trains de passage, y compris leurs locomotives ordinaires, dont la cheminée est temporairement close. La figure représente, à la sortie du tunnel, un de ces trains dont la locomotive à vapeur siffle pour donner l'ordre à la locomotive électrique de se dégager.

Les locomotives de ce type ont un poids de 96 *t* en ordre de marche, avec quatre moteurs Gearless (un par essieu) de 500 *ch* chacun. Les roues ont 62 pouces. La vitesse maximum à vide est de 100 *km*, la locomotive a donné aux essais un effort de traction de 19 *t* au démarrage. C'est le chiffre le plus élevé connu (20 0/0 du poids). Une locomotive de la General Electric Cy, employée sur le Hoboken Shore Railway et pesant 28 *t*, a remorqué un train de 225 *t*, sur une rampe de 11 *mm* par mètre par temps humide. Cette locomotive est mue par engrenages, dans le rapport de 54 à 17. Elle a développé, aux essais, un effort de 4530 *kg*, soit 16 0/0 du poids. Ces détails donnent la démonstration pratique de la théorie développée page 454 (*Bulletin* de mars).

Mais revenons-en aux locomotives de Baltimore-Ohio : elles puisent leur courant (continu) à une ligne aérienne constituée par un rail pesant 13 *kg* par mètre, suspendu dans le tunnel à des isolateurs et pendu dans les tranchées d'accès à des ouvrages en treillis, reliés par de véritables ponts suspendus en câble d'acier (voir *Pl. 20, fig. 14*). On conçoit le prix de cette ligne. L'autre pôle des génératrices est à la terre par les rails, qui sont connectés par des brides en cuivre à leurs abouts. La captation du courant à la ligne de rails aériens est faite par un trolley pantographe, à barres rigides. L'exagération même de la complication et du coût d'une semblable superstructure électrique fait très bien concevoir comment les Ingénieurs américains ont été amenés à étudier les moyens de supprimer cette ligne de contact en l'air, et à la remplacer par un troisième rail, isolé du sol, mais posant sur celui-ci pour éviter les ponts et portiques, supportant cette lourde ligne aérienne. Ce dernier système n'était pas neuf : il est d'origine européenne comme du reste beaucoup d'inventions électriques, qui ne trouvent point de champ d'application immédiate dans nos milieux conservateurs.

Due à Siemens et Halske (1881), appliquée en Irlande en 1884, et sur le Métropolitain de Londres quelques années plus tard, l'idée du troisième rail ne fut grandement appliquée que par les Américains.

Il ne faut pas croire, cependant, que le système du troisième rail que nous décrirons plus loin, plus en détails, à propos des chemins de fer de Milan-Gallarate-Varèse, construit en Europe par l'Union (Compagnie Thomson-Houston de la Méditerranée), ait été uniquement employé en Amérique.

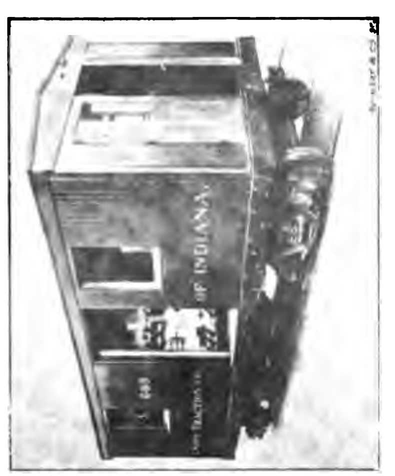


Fig. 17. — Sous-station mobile Indiana.



Fig. 21. — Automotrice Milan-Gallarate-Varèse.



Fig. 18. — Voiture-salon du réseau Indiana.



Fig. 16. — Sous-station transformatrice Indiana.

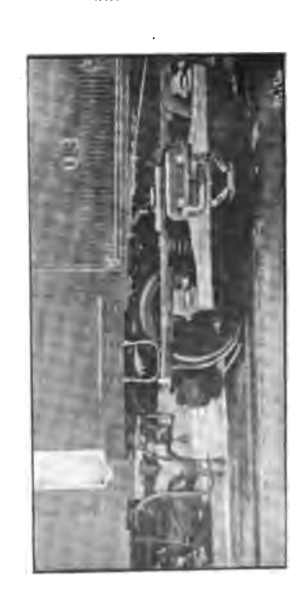


Fig 19. — Détail de la prise de courant du 3e rail.

Malgré cela, en Amérique même, de très importants chemins de fer ont été conçus et exécutés à l'aide du trolley aérien, avec fil simple aérien, avec une vitesse de 100 *km*. Un réseau de ce

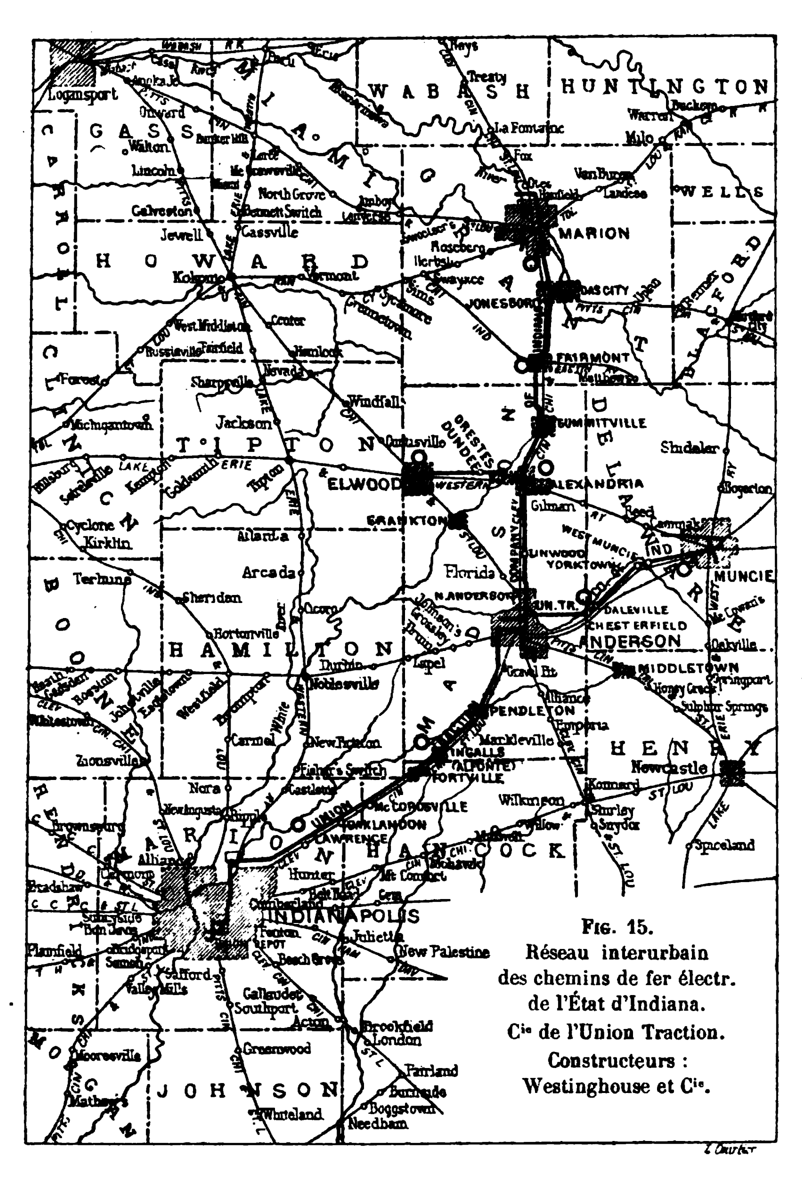


FIG. 15.
Réseau interurbain
des chemins de fer électr.
de l'État d'Indiana.
Cie de l'Union Traction.
Constructeurs :
Westinghouse et Cie.

genre a été récemment installé dans l'Indiana (U. S. A.) et sa description nous donnera l'occasion de décrire la troisième classe de chemin de fer du tableau numéro 2, c'est-à-dire celle

des chemins de fer qui utilisent des lignes de captation à courant continu, alimentées par des lignes de distribution triphasées.

Le réseau des chemins de fer interurbains de l'Indiana comprend 153 milles (soit environ 236 *km*) desservis d'une station centrale unique située à Anderson (Voir carte, *fig. 15*). L'ensemble de l'entreprise a été réalisée par la Westinghouse Cy.

La Centrale a une puissance de 3 900 *ch*, en trois unités à attaque directe, tournant à 100 tours. Le courant triphasé engendré à 400 volts est porté à 15 000 volts par transformateurs statiques à l'usine. Il arrive aux différents points d'alimentation à un potentiel supérieur à 14 000 volts. Ces points d'alimentation forment de petites sous-stations où s'opère la transformation du courant triphasé de 14 000 volts en courant triphasé à basse tension, lequel actionne une ou deux machines commutatrices rotatives, qui sont mises en phase par un moteur d'induction ordinaire. Le courant continu à 500 volts est délivré à la ligne directement; une batterie tampon et un survolteur sont employés dans chaque sous-station, pour suivre les variations ordinaires du service : nous verrons plus bas comment les auteurs de cette magnifique installation ont paré aux grandes variations de charge.

La planche 21, figure 16, montre l'intérieur d'une sous-station. Le tableau de distribution est à droite. Au fond, deux commutatrices de 250 kilowatts ; en avant la dynamo de 16 kilowatts, chargeant la batterie. La batterie tampon se compose de 264 éléments chloride.

En avant de la planche 21, figure 16, se remarquent deux bouts de rail. Ces deux rails venant de la voie pénètrent dans les sous-stations mêmes et font partie du système imaginé pour donner une élasticité considérable à l'exploitation, en cas d'augmentation extraordinaire et temporaire de trafic, sur un point du réseau. Dans un tel cas, la Direction adresse le wagon de renfort figuré dans la planche 21, figure 17, au secours de la sous-station menacée de surcharge. Ce wagon contient, tout installée, une commutatrice de 250 kilowatts, et trois transformateurs de 87,5 kilowatts. Le même wagon intervient, en cas d'avarie, à une machine transformatrice. Il contient son propre tableau de distribution, que l'on aperçoit sur la figure, par la porte entr'ouverte ; pour le mettre en service, il y a cinq câbles à raccorder. Le réseau comprend actuellement trois sous-stations de 500 kilowatts et

cinq sous-stations de 250 kilowatts, plus une sous-station mobile de 250 kilowatts.

Les voitures, dont la figure 18 *(Pl. 21.)* donne une idée générale (il y manque le trolley), sont à double boggie. Elles sont, en général, automotrices. Elles ont 16 *m* de longueur, pèsent 29 *t*, ont deux moteurs Westinghouse, tarés pour 150 *ch* chacun. Quelques voitures sont équipées à quatre moteurs, faisant ensemble 300 *ch*, normalement et plus de 700 *ch* au démarrage. La vitesse limite est de 100 *km* à l'heure. Les vitesses commerciales sont les suivantes : Pour parcourir la distance de 88 *km* qui sépare Muncie de Indianapolis, les trains mettent, tous les arrêts compris, 2 h. 15 m. Cette distance est couverte par les trains express arrêtant seulement à Anderson, en 2 heures. (Voir carte, *fig. 15*.) Il y a lieu de déduire de ce trajet 25 minutes pour la traversée de la ville d'Indianapolis, qui est franchie à vitesse ordinaire de tramway. Cette déduction faite, la vitesse commerciale est de 66 *km*.

La voie est formée de rails Vignole de 31,7 *kg*, si parfaitement éclissés, qu'on ne sent pas le passage sur les joints. Les Ingénieurs américains attribuent à ce fait le bon fonctionnement du trolley, lequel a atteint, dans le cas présent, sa limite d'emploi, eu égard à la vitesse et au courant. La roue de trolley a 152 *mm* de diamètre; elle s'use très rapidement, car le courant normal en palier est de 150 ampères, et il atteint 350 ampères au démarrage.

La ligne comprend une file de poteaux de chaque côté de la voie. L'une porte trois fils à haute tension et deux fils téléphoniques pour le service d'exploitation; l'autre file de poteaux supporte les feeders du continu. Entre les deux files, et axialement à la voie, se trouve suspendue, à la manière ordinaire, la voie aérienne de contact.

L'exploitation est intensive : elle a eu un succès énorme, quoiqu'elle ne desserve qu'une population de 175 000 âmes en dehors d'Indianapolis, qui compte 169 000 habitants.

L'installation générale de la Westinghouse Cy mérite les plus grands éloges, eu égard à l'économie réalisée sur la consommation de combustible. Cependant, les électriciens européens pourraient favorablement comparer la distribution si simple des lignes suisses, aux complications du système décrit. Ces complications peuvent se résumer ainsi : génération du courant à 400 volts triphasé, transformation à 14 000 volts, transformation à 400 volts triphasé, transformation à 500 volts continu et emploi partiel d'accumulateurs.

Malgré les pertes (que d'autres dispositifs eussent pu éviter) les résultats d'exploitation sont très satisfaisants.

Voici le prix de revient *en francs* du kilowatt-heure à l'usine et aussi aux bornes du moteur des voitures pendant le mois d'août 1901 :

	KILOWATT-HEURE	CHARBON	MAIN-D'ŒUVRE	HUILE	RÉPARATIONS	TOTAUX
Chiffres totaux à l'usine.	1 003 300	12 840	5650,40	1 640	1 775	21 905,40
Chiffres totaux aux voitures	791 041	12 840	10110,40	1 640	4270	28860,40
Par kilowatt-heure à l'usine	»	0,01275	0,00560	0,00165	0,00180	0,02180
Par kilowatt-heure aux voitures . .	»	0,01625	0,01275	0,00210	0,00540	0,03650

Le rendement est de 78,9 0/0 des bornes des génératrices aux bornes des moteurs. Ceux-ci ayant un rendement de 87 0/0, le rendement net au crochet est de 68,65 0/0.

Le prix du charbon étant par tonne de 7,50 *f* à Anderson, et la main-d'œuvre y étant fort chère, on peut calculer qu'en Europe une telle usine donnerait le kilowatt-heure à l'usine et le kilowatt-heure aux voitures, respectivement aux prix de 0,0296 *f* et de 0,0461 *f* sans amortissement, mais tous frais de main-d'œuvre compris.

La consommation brute de charbon par kilowatt à l'usine est de 1,720 *kg*, la consommation par kilowatt fourni aux voitures de 2,160 *kg*.

En définitive un tel chemin de fer représente une exploitation de tramway considérablement agrandie, amplifiée et économique. Elle rend d'énormes services par la multiplicité des passages de voitures, par leur confort et par le bon marché des places. Sa conception technique est critiquable en plus d'un point, mais son exploitation est facile, et, nous venons de le voir, économique.

L'économie obtenue est le fait d'une exploitation intense et régulière utilisant au maximum la puissance disponible.

SYSTÈME DU TROISIÈME RAIL.

Pour ces vitesses et pour ces forces, la limite d'emploi du trolley est atteinte; le système dit à troisième rail a apporté le remède au principal défaut des installations du type d'Anderson, en supprimant le trolley et la ligne aérienne, remplacés respectivement par le sabot frotteur (*Pl. 21*, *fig. 19*) et par un rail isolé placé excentriquement à la voie (*fig. 20*).

Le troisième rail est appliqué aux métropolitains de New-York, Chicago, Londres, Paris, nous pouvons citer comme un des meilleurs exemples de son application, celui des chemins de fer italiens de la Méditerranée, de Milan à Gallarate et Varèse construits par la General Electric Company (Union, Thomson-Houston). Le réseau comprend une section de Milan à Gallarate (40 *km*) parcourue par quinze trains, dans chaque sens, à raison de 80 *km* de vitesse commerciale. De Gallarate partent trois embranchements vers Arona (Lac majeur) vers Porto Cerisio, par Varèse (Lac de Lugano) et vers Laveno; les trois embranchements ont 90 *km* de longueur totale.

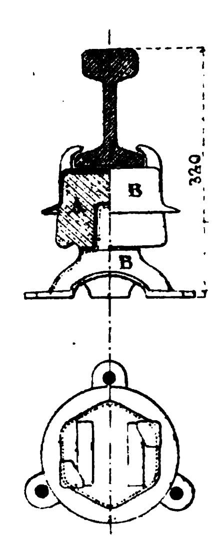


FIG. 20. — Coupe du rail de contact Milan-Gallarate (troisième rail).

Le tronc principal est à double voie, présente des rampes de 6 0/00, avec des courbes de 800 *m* de rayon minimum; les embranchements ont des rampes limites de 8 et 20 0/00, avec des courbes de 300 *m*.

L'application de l'électricité à ces chemins de fer à vapeur fut nécessitée par la concurrence efficace qui leur est faite par les chemins de fer économiques et les tramways électriques de la région, qui ayant la possibilité de faire des trains légers et nombreux, offrent au public les meilleurs avantages, par suite du grand nombre de départs et de leurs prix modiques.

L'électricité a été, dans le cas cité, un moyen de sauvetage devant une concurrence heureuse.

Le courant utilisé par les moteurs est du courant continu à 650 volts environ, qui est conduit par le rail isolé et par les fils de rails porteurs non isolés. Ce courant est fourni par des convertisseurs rotatifs placés dans les sous-stations et alimentés par des lignes à haute tension.

L'usine centrale de Tornavento est hydro-électrique (Tessin) mais en raison de la variation du débit, elle est doublée d'une usine à vapeur; cet exemple vient à l'appui de la thèse théorique exposée page 460. La première comprend huit turbines de 1 100 chevaux à haute pression, soit 740 kilowatts. La seconde contient trois machines compound de Tosi de Legnano, de 1 400 *ch* chacune, susceptibles de développer momentanément 2 000 *ch*, et deux moteurs spéciaux de 100 *ch* chacun, destinés à l'excitation générale des alternateurs. Les génératrices produisent le courant triphasé directement à 13 000 volts, 25 périodes sous 94 tours. Elles sont susceptibles d'une surcharge de 25 0/0 pendant deux heures, et de 40 0/0 par à-coups momentanés. Les lignes à 13 000 volts, ou lignes de distribution, alimentent des sous-stations au nombre de cinq actuellement. Leur espacement est de 16 *km*.

Rendement. — Dépense d'énergie.

Le courant est ramené de 12 000 volts à 420 volts triphasés et sort des convertisseurs rotatifs sous la forme de courant continu à 650 volts.

Le rendement du système s'établit comme suit :

Les génératrices ont un rendement de . .	95,0 0/0
Les lignes de haute tension.	92,0
Les transformateurs de sous-station . . .	97,0
Les convertisseurs	93,2
Le moteur des voitures.	88,0

Ce qui donne donc un rendement final de 69 0/0 au crochet.

Le rendement de la transmission établi en observant les wattmètres placés au tableau de la centrale et les wattmètres des sous-stations est de 78 0/0.

La dépense pour une voiture motrice tirant une voiture remorquée est de 65 watts par tonne kilomètre.

La ligne primaire de haut voltage comprend six fils de diamètre variant de 9 à 4 *mm*. Chaque sous-station comprend deux convertisseurs rotatifs de 500 kilowatts à six pôles, 500 tours, rendement à pleine charge 93,2 0/0, aux 3/4 de charge 92,2 0/0 et à 1/2 charge 89,5 0/0.

Elles reçoivent le courant triphasé d'une batterie de sept transformateurs de 180 kilowatts, ayant un rendement commercial de 97 0/0 à pleine charge et 95,8 0/0 à demi-charge. Ils font

passer le courant de 12 000 à 420 volts triphasés et sont ventilés mécaniquement par deux moteurs électriques de 1 *ch*. Les machines doivent ne pas dépasser de 45° la température du milieu ambiant et supporter une surcharge de 25 0/0 pendant une demi-heure et 40 0/0 pendant quelques instants.

Le courant continu à 650 volts produit aux sous-stations est distribué au troisième rail, posé en dehors de la voie et à 0,675 *m* de l'axe du rail le plus voisin. Les rails porteurs du type Vignole pèsent 45 *kg* au mètre. Le troisième rail de même profil a 12 *m* de long; il est porté de 4 en 4 *m* par un isolateur très sérieusement étudié (*fig. 20*). Les pièces B sont en fonte douce. La pièce A est un isolant formé d'un mélange vitrifié de feldspath et kaolin, bien verni. La cloche supérieure B forme parapluie, la masse isolante n'ayant pas d'évidement; ce granit artificiel isolant est au point de vue mécanique très solide, il supporte 500 *kg* par centimètre carré.

L'isolement du troisième rail est une question capitale. On a attribué bien à tort à l'électricité des accidents d'incendie et de courts-circuits arrivés à des Métropolitains à troisième rail qui n'auraient dû être attribués qu'à l'imprévoyance de leurs auteurs. On a vu parfois des débutants se contenter d'isoler les 600 volts du troisième rail par du bois créosoté ou parafiné sans protection contre l'humidité.

Matériel roulant.

Le matériel roulant est remarquablement léger, confortable et maniable.

Il y a trois types de voitures et de locomotives à marchandises : 1° les voitures motrices ordinaires, susceptibles de prendre une voiture en remorque (voir *Pl. 21*, *fig. 21*); 2° des voitures automotrices couplées en multiple-Unit; 3° des locomotives de remorque.

Les deux voitures ont un aspect extérieur identique. Elles comprennent chacune 24 places de première, 49 places assises de troisième classe, y compris les places debout (les plates-formes étant closes et à pans coupés); la contenance d'un train est de 165 à 168 personnes.

Ces voitures sont à deux bogies, dont les essieux sont écartés de 2,20 *m*. La voiture motrice a quatre moteurs, G.E. 55 H, susceptibles de donner ensemble 640 *ch* (160 par moteur) à 75° C. Leur travail régulier est de 70 à 75 *ch* par moteur.

Les controllers sont du système série-parallèle pour les quatre

moteurs et à soufflage magnétique du même modèle que ceux des grosses locomotives du quai d'Orsay du Paris-Orléans. Les moteurs avec leurs engrenages pèsent 2,50 *t*. Le poids total de la voiture automotrice est de 43 *t* et celui de la voiture remorquée de 20 *t*, La partie électrique pèse 13 *t*.

Le train peut être freiné à l'air comprimé produit par un moteur électrique, à l'aide d'un frein à main et par un moyen encore plus énergique, qui consiste dans la mise en opposition des deux couples de moteurs, ou bien dans le renversement du sens de marche.

Il n'y a pas de frein à court circuit ou de frein électro-magnétique. Cette voiture motrice est une des plus parfaites qui aient été construites jusqu'à ce jour. Comme nous l'avons vu plus haut sa dépense n'est que de 65 watts-heures par tonne kilomètre. Sa performance est dépassée par les voitures du système multiple Unit de la même Compagnie, construites pour cette ligne.

Un train composé de deux voitures automotrices manœuvrées par un seul wattmann, dispose de huit moteurs de 80 *ch* et ne pèse que 70 *t*. Il fait dans ces conditions 112 *km* avec une économie de courant considérable.

Pour le service des marchandises, on a prévu une locomotive à quatre essieux de 160 *ch*. Elle pèse 34 *t* et peut éventuellement s'appliquer à la remorque de voitures ordinaires.

Cette nouvelle organisation a remplacé avantageusement les trains de neuf voitures remorquées par la vapeur.

Le seul inconvénient constaté aux essais a été le bris de la barre de support en bois des frotteurs à sabot, prenant le courant sur le troisième rail. Le bris provenait des chocs résultant du passage des ressorts aux joints et de l'absence de souplesse du sabot. Il a été porté remède à ces petits défauts. L'emploi du bois dans cette pièce, est le seul point de détail critiquable dans ce matériel.

Le service fonctionne parfaitement depuis le 14 octobre 1901. Signalons en passant l'activité mise en Italie à la réalisation des chemins de fer électriques.

Développement des Chemins de fer électriques en Italie.

Les chemins de fer italiens à voie normale, desservis actuellement par l'électricité, sont la ligne Monza-Milan (accumulateurs) ouverte en 1899 (13 *km*). La ligne Bologne à Santo Felice

(42 *km*). La ligne Rome-Frascati (130 *km*), construction entreprise par la Société Belge Thomson Houston de la Méditerranée. La ligne Milan-Gallarate-Varèse-Laveno, etc. (130 *km*) également confiée à nos nationaux, et enfin, la ligne de Lecco-Collico-Sondrio-Chiavenna (105 *km*) exécutée par la maison Ganz et Cie, de Budapest, en employant exclusivement les courants polyphasés et des lignes aériennes à haute tension (moteur de 3000 volts); nous décrirons plus loin le système adopté à cette occasion par la maison Ganz. L'Italie possède actuellement 420 *km* de chemins de fer électriques, dont plus de la moitié avec troisième rail.

Chemins de fer métropolitains.

C'est le troisième rail que les Ingénieurs du Paris-Orléans ont choisi pour le service électrique de la gare d'Austerlitz au quai d'Orsay. La planche 21, figure 22, donne l'aspect de ces locomotives électriques construites par le General Electric Company : elles pèsent 50 *t;* leur force au crochet est de 7 370 *kg*, ce qui correspond à un coefficient d'adhérence de 14,7 0/0. Les quatre essieux sont attaqués par quatre moteurs de 550 volts, développant ensemble 1 000 *ch.* Ils ont une réduction d'engrenage de 78 à 19. La vitesse normale est de 25 *km* à l'heure.

Les locomotives peuvent prendre le courant par frotteur à un troisième rail, ou bien en tunnel, à une ligne fixée sur isolateurs à la voûte et avec laquelle le contact est établi par un petit frotteur à articulation pantographique qui se voit sur le toit de la locomotive dans la figure 22. Nous avons donné les diagrammes (*fig. 9 et 10*) du travail électrique de cette locomotive (1).

Chaque moteur peut prendre momentanément 300 ampères en service normal. L'étude du controller a été spécialement soignée en raison de la valeur du courant total qui atteint 1 800 ampères à certains moments.

La consommation d'énergie est très réduite. Le service ordinaire comprend la remorque de trains de 150 *t.* à 250 *t.*, en moyenne suivant qu'il s'agit des trains de grand trafic ou des trains de banlieue.

Les trains de banlieue s'arrêtent en général à la halte du pont Saint-Michel et tous les trains indistinctement doivent à l'entrée de la gare ou du quai d'Orsay se conformer au règlement français et s'arrêter complètement avant de pénétrer dans la gare

(1) Voir Bulletin de mars, page 548.

même. Malgré ces conditions défavorables, la consommation moyenne annuelle est de 18 watts-heures par tonne-kilomètre.

L'électricité employée est fournie sous forme de courant triphasé par la station centrale d'Ivry. La traction électrique est appliquée sur 4 *km* environ, desservis par deux sous-stations transformatrices.

L'introduction de l'électricité à la gare du quai d'Orsay a permis aux Ingénieurs du Paris-Orléans d'en faire des applications excellentes à la manutention des bagages et à diverses manœuvres accessoires. Les solutions adoptées dans ces applications portent les marques bien françaises d'une ingéniosité et d'une élégance dignes de servir d'exemple.

C'est également le principe du troisième rail, qui a été appliqué au Métropolitain de Berlin, dont les installations électriques, et aussi les travaux de génie civil et spécialement les gares, présentent un caractère d'ampleur, de luxe et de bon goût alliés à à une recherche du confort du public, vraiment remarquables.

Système des unités multiples.

C'est encore à un Métropolitain, le South Side Elevated Railway de Chicago, que l'on a appliqué pour la première fois sur une très grande échelle, ce système caractéristique et véritablement essentiel aux chemins de fer électriques : le Multiple Unit Système de Sprague.

Le système des unités multiples est aux chemins de fer, en matière de force motrice, ce que le frein multiple Westinghouse est en matière de freins.

Le progrès apporté à l'exploitation est même beaucoup plus marqué. Lorsque la force est centralisée dans une locomotive unique, dont le poids utile à l'adhérence, c'est-à-dire la puissance de traction au crochet, n'est que le 1/6 du poids total, l'addition au train, de voitures demandant pour elles-mêmes par exemple 300 *kg* d'effort par voiture, exige que la locomotive possède un surcroît de poids égal à autant de fois 2 *t.* que l'on doit ajouter de voitures ; le système de moteurs multiples au contraire permet, lorsque l'addition de voitures est nécessité momentanément par une circonstance particulière, d'ajouter en même temps le moteur supplémentaire nécessaire, lequel est appliqué à la voiture même, et cela sans aucune augmentation relative du poids mort utile.

Dans le système du frein multiple Westinghouse, chaque voi-

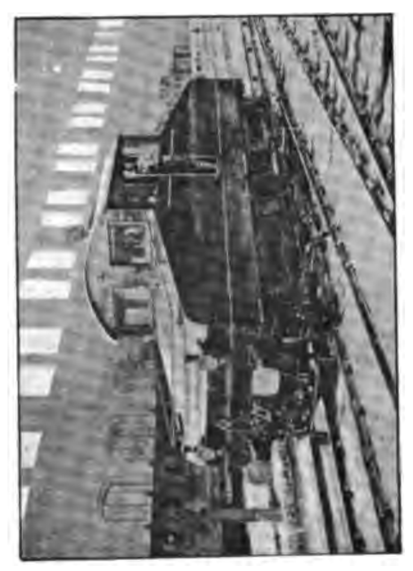


Fig. 22. — Locomotive Paris-Orléans quai d'Orsay.



Fig. 23. — South Sid Elevated Metropolitain Chicago.



Fig. 24. — Manhattan Elev. Ry New-York.



Fig. 26. — Station de la Kander.

ture porte un cylindre d'air comprimé, et un frein dont la manœuvre est commandée par le machiniste en tête du train; de même dans le système des unités multiples, système auquel le nom de Sprague est indissolublement lié, chaque essieu a son moteur propre, dont la mise en train, les couplages, le réglage, l'arrêt ou le renversement du sens de marche, sont commandés synchroniquement par un wattman unique placé en tête du train.

De même que l'addition d'une voiture à un train composé, n'exige au point de vue du frein, que la manœuvre d'un tuyau élastique d'accouplement, l'attelage d'une unité électrique additionnelle n'exige que la connexion d'un cable souple à serrer d'un coup de clef pour relier les moteurs électriquement entre eux.

La première application en grand de l'idée de Sprague fut réalisée par la Général Electric Cy de Schenectady, en 1898, sur 150 voitures des chemins de fer métropolitains surélevés de Chicago. Ces voitures ont l'aspect figuré par la planche 22, figure 23, qui représente un train du West Side Elevated Chicago Cy. On remarque à gauche en tête le seul et unique wattman commandant les quatre voitures et les huit moteurs.

La Manhattan Elevated Railway de New-York dont la planche 22 figure 24 donne l'aspect au voisinage du Pont suspendu de Brooklyn est également équipé en unités multiples.

Les deux figures, 23 et 24 (*Pl.* 22), donnent une idée exacte du prix de l'infrastructure nécessaire à ce genre de métropolitains birails et aussi une impression exacte de l'intensité extraordinaire du trafic entre Manhattan et Brooklyn, les deux quartiers principaux de New-York séparés par l'East River,

Pour la ligne de Chicago les voitures utilisées sont les anciennes voitures à voyageurs du service à vapeur, auxquelles on s'est borné à remplacer un seul bogie sur deux. Le bogie neuf a deux moteurs de 50 chevaux susceptibles de donner 100 chevaux chacun (G. E. 57). Ces moteurs sont clos, à quatre pôles avec engrenages. La construction est prévue pour permettre au moteur de travailler jusqu'au couple produisant le patinage des roues en supposant que 60 0/0 du poids total de la voiture, surcharge comprise, porte sur le bogie-moteur.

Un controller du type ordinaire de la Général Electric Cy est posé sur les plates-formes de chaque voiture suivant les dispositions usuelles. Un petit moteur électrique est calé sur l'axe du controller : il actionne celui-ci et est appelé moteur pilote.

Sous les sièges de la voiture se trouvent, un renverseur de

courant, un appareil de synchronisation qui consiste en cinq électro-aimant plongeants à solénoïdes fixes, lesquels sont actionnés par le controller principal de commande placé en tête du train. Ce controller-maître porte les six contacts nécessaires, cinq pour faire opérer la succion successive des cinq électro-aimants, le sixième faisant opérer le renversement du courant. Chacun des cinq électros provoque par son mouvement un déclanchement mesuré des moteurs-pilotes, lesquels placent automatiquement les controllers des voitures dans la position demandée, correspondant à celle du controller-pilote.

Tout est prévu dans ce système automatique : si le conducteur lâche la barre de manœuvre, tous les moteurs se placent d'eux-mêmes dans la position du courant coupé. Si au contraire le courant de la ligne est interrompu, ou si le trolley ou le sabot perd contact, le controller doit se mettre au zéro, et le courant ne peut arriver au moteur que si cette précaution a été préalablement prise.

Enfin, une disposition spéciale du dernier électro-plongeur permet de limiter le courant admis dans la voiture à la valeur correspondant, à très peu de chose près, au torque provoquant le patinage sur une voie ordinaire, quand l'effort demandé atteint 15 0/0 du poids moteur. Cette disposition empêche l'abus du courant, qui serait provoqué par des démarrages trop brusques se faisant dans des conditions plus rapides que celles prévues et par conséquent trop onéreuses pour la ligne et pour la centrale.

L'application du système des unités multiples a été faite également au Manhattan Elevated de New-York *(fig. 24)* en vue d'obtenir des résultats d'exploitation qui se sont particulièrement bien vérifiés, Ils sont intéressants à consulter en ce qu'ils permettent de comparer sur un même chemin de fer, les dépenses d'exploitation, par système électrique ou par vapeur. Cette même ligne nous a fourni les diagrammes comparatifs de démarrage *(fig. 2)* (1).

L'exploitation à vapeur a donné lieu, en une année, à un trafic de 70.000.000 voitures-kilomètres. Les dépenses en francs sont données dans la première colonne du tableau ci-contre, en regard des postes détaillés relatifs à la vapeur ; la dépense par voiture-kilomètre vapeur est représentée dans la deuxième colonne en centimes. La troisième colonne donne ces mêmes chiffres pour

(1) Voir *Bulletin* de mars, p. 447.

l'électricité. Ils sont relatifs à un service de 70.000.000 voitures kilomètres dans l'année, mais l'électricité a permis, à l'aide du même matériel, de faire depuis un service annuel de 80.450.000 voitures-kilomètres; les résultats correspondant à ce service accéléré sont figurés dans la quatrième colonne.

La réduction du dollar en francs est faite à 5 francs par dollar.

MANHATTAN ELEVATED RAILWAY DE NEW-YORK.

Prix de revient comparatif de la vapeur et de l'électricité.

NATURE DES DÉPENSES	SERVICE A VAPEUR pour 69 479 165 voitures-kilom.		SERVICE ÉLECTRIQUE DÉPENSES par voiture-kilomètre	
	DÉPENSES totales annuelles en francs	DÉPENSES par voit.-kil. en centim.	ramenées à un parcours de 67 479 165 voit.-kil.	sur un réseau nouveau de 80 450 000 voit.-kil.
ENTRETIEN				
Infrastructure	2 320 195	3,34	3,73	3,23
Rails et aiguilles	276 965	0,39		
Locomotives	1 189 360	1,73	1,73	1,46
Voitures	1 437 160	2,07	2,07	1,77
Divers	579 755	0,82	0,82	0,71
TOTAL D'ENTRETIEN	5 803 435	8,35	8,35	7,17
EXPLOITATION				
Mécaniciens et chauffeurs	4 269 520	6,22	3,98	3,48
Personnel des trains	4 682 680	6,73	6,73	5,80
Employés de bureau	3 486 270	5,01	4,99	4,31
Combustible, huiles, etc.	4 220 920	6,04	3,68	3,68
Dépenses de stations	1 160 385	1,66	1,66	1,44
Indemnités d'accidents	213 510	0,30	0,30	0,24
Divers	985 745	1,41	1,41	1,22
TOTAL D'EXPLOITATION	19 019 030	27,37	22,75	20,17
FRAIS GÉNÉRAUX	1 689 295	2,43	2,43	2,08
TOTAUX GÉNÉRAUX	26 511 760	38,15	33,53	29,42

En résumé, l'économie résultant de la substitution de l'électricité à la vapeur sur cette ligne a été considérable. Elle correspond, à service égal, à 12,1 0/0, soit 3 220 000 *f*, et à service intensif, à 23 0/0, soit 7 000 000 *f* environ par an. Ces économies sont particulièrement sensibles pour les rubriques: main-d'œuvre combustible. Ceci démontre l'exactitude des propositions théoriques émises pages 449 et 456. Ce n'est pas un cas isolé, car l'administration du chemin de fer du South Side Elevated de Chicago, déclare que si l'on compare les trois mois de juillet, août, septembre 1897 (exploitation à vapeur), aux trois mois correspondants de 1898 (exploitation électrique), l'économie réalisée est de 33 0/0. La consommation moyenne en kilowatts-heure a été, pour dix mois d'exploitation, 1,58 kilowatt-heure par voiture-kilomètre, y compris le chauffage, l'éclairage et le freinage des trains. Ces chiffres cadrent avec ceux du Métropolitain de New-York. Ils conduisent à une dépense inférieure à 60 watts par tonne-kilomètre du poids total transporté. A côté du système si économique de Sprague, réalisé par la Général Electric Company, de Schenectady, il y a lieu de mentionner que la Westinghouse Compagnie, en se basant sur le principe du frein bien connu, construit des appareils automatiques à air comprimé permettant la commande de tous les moteurs électriques d'un train de voitures automotrices. C'est le système des unités multiples conduites à l'aide de l'air comprimé.

La technique des chemins de fer s'est donc enrichie de deux procédés qui semblent équivalents dans leurs résultats et dont l'idée première appartient à Sprague. Il n'est pas douteux que l'emploi des courants polyphasés n'apporte au système des unités multiples un nouveau champ d'application et de perfectionnement.

De l'emploi des moteurs polyphasés.

Les techniciens américains, anglais et italiens ont réalisé de grandes applications du courant continu, obtenu par transformation du triphasé et porté au moteur par le troisième rail. Les constructeurs continentaux et spécialement les suisses et les allemands se sont attachés, au contraire, à obtenir l'utilisation directe du courant polyphasé par le moteur.

Quels sont les motifs justifiant cette tendance? Quels sont les avantages respectifs des moteurs polyphasés et des moteurs continus?

Nous procéderons sommairement à cette comparaison avant de décrire quelques installations de traction utilisant directement les courants alternatifs au moteur.

Avantages des moteurs polyphasés en matière de traction.

La première et la plus déterminante des raisons de la préférence a donner à l'emploi du courant polyphasé, est basée sur ce fait que, devant par la force des choses produire la puissance initiale à haute tension polyphasée, on évite, par l'emploi du moteur asynchrone, une des multiples transformations de l'énergie, celle du courant de 300 à 400 volts triphasés, en courant continu. Cette opération ayant un rendement de 91 à 93 0/0, l'économie de 7 à 9 0/0 obtenue par sa suppression est sérieuse.

La seconde raison est que le moteur asynchrone se construit facilement pour 1 000, 3000 ou même 5000 volts ; il devient possible par son emploi de réduire considérablement la section des conducteurs secondaires (fils de contact) envoyant le courant des sous-stations aux moteurs, puisque avec le courant continu la limite ordinaire de la tension est 650 volts et la limite extrême 1 000 volts.

En troisième lieu, la sous-station polyphasée ne contient qu'un ou deux transformateurs statiques, et aucune machine tournante, elle n'exige, par conséquent, aucune main-d'œuvre de machiniste, pas de graissage, pas d'entretien ; de plus et surtout son prix d'installation est très bas, comparé à celui de la sous-station transformant le polyphasé en continu. Enfin, le moteur polyphasé possède un haut rendement, il est robuste, rustique, simple ; il n'a pas de collecteur, il est le moteur par excellence destiné à rester enfermé, ne nécessitant pas de visites fréquentes et d'ouverture de la caisse étanche ou du carter enveloppant tout le mécanisme moteur ; il coûte peu d'entretien.

Ces avantages sont si évidents, pour les techniciens continentaux, que nous voyons ce moteur appliqué à la traction par Brown et Boveri, Siemens et Halske, l'Allgemeine, et enfin Ganz, de Budapest, dans leurs grandes entreprises de chemin de fer. Ces avantages ne sont, du reste, pas contestés par les partisans des moteurs à courant continu, qui se bornent à en discuter la portée. Cependant, tout récemment, le Métropolitain de Londres a encore adopté le courant continu.

Quelles sont maintenant les causes de supériorité du moteur

continu, ou les causes d'infériorité du moteur polyphasé, au point de vue spécial de la traction des chemins de fer, et quelle est l'importance relative qu'il faut leur attribuer?

Discussion des avantages des moteurs polyphasés.

Le moteur-série à courant continu a pour qualité dominante de pouvoir fournir au démarrage six ou sept fois le couple normal. C'est donc un formidable engin de mise entrain. D'autre part, le moteur asynchrone ne peut fournir au plus que trois fois le couple normal.

Est-ce une cause d'infériorité au point de vue chemin de fer? La question est discutable et la réponse à cette question dépend essentiellement, d'après nous, de la nature du service à effectuer.

L'avantage de l'énorme couple de démarrage est acheté au prix d'avaries des collecteurs et des charbons de contact par les étincelles, au prix de pulsations intenses du voltage dans la ligne momentanément surchargée, enfin d'à-coups formidables infligés aux moteurs de la Centrale.

Mais l'avantage est précieux en dépit des risques s'il s'agit, comme sur les Métropolitains de New-York, d'arrêter tous les 800 *m*, pour repartir à fond de train en ne demandant pour le freinage, l'arrêt et la mise en vitesse, que 45 secondes avec un train de 200 *t*; en revanche la ligne doit débiter des courants momentanés considérables. C'est un luxe cher, mais un luxe utile et essentiel à la nature même de cette exploitation particulièrement intensive en pleine ville.

Le moteur asynchrone fera le démarrage tout aussi bien, et même plus moelleusement, mais il prendra un peu plus de temps. Ainsi, par exemple, sur le chemin de fer de Burgdorf-Thun, que nous décrirons plus loin, un wattman exercé obtient l'accélération d'un demi-mètre par seconde sans que le courant dépasse le courant normal et l'on obtient une accélération notablement plus vive en admettant le double du courant normal. Ainsi donc cette nature du démarrage, considéré par les adversaires du moteur asynchrone, comme un défaut, est une qualité du système dans certains cas. Le moteur agit sans secousse, sans chute brusque de potentiel, sans usure du matériel, mais avec un peu plus de lenteur, et à ce point de vue, si le moteur continu est indiqué pour les tramways et chemins de fer de ville, en

revanche, le moteur asynchrone est le moteur par excellence des grands trains express sans arrêts ou des chemins de fer vicinaux ou de banlieue à arrêts espacés.

Un défaut plus sérieux du moteur asynchrone est la valeur très faible que l'on adopte dans ce genre d'appareils pour l'entrefer, c'est-à-dire le faible jeu laissé entre l'anneau mobile (rotor) et la partie fixe (stator). Ce défaut est de jour en jour atténué, et déjà Dulait a construit, sur les indications de Rosenfeld et Zelenay, des moteurs à rendement commercial acceptable avec des entrefers exagérés de 5 *mm* (10 *mm* sur le diamètre).

Réglage de la vitesse des moteurs polyphasés.

On a reproché au moteur asynchrone de ne fonctionner qu'à vitesse constante. C'est une erreur technique : à la vérité le moteur asynchrone a la propriété de conserver une vitesse sensiblement constante dans des limites de puissance considérables. Voilà le fait exact. Nous démontrerons que c'est une qualité précieuse au point de vue de l'exploitation. D'autre part, la vitesse est réglable par plusieurs moyens, soit par couplages, à l'aide de résistances, soit par embrayages mécaniques, et ces modes de réglage ne sont ni plus ni moins économiques que les procédés de réglage des moteurs continus. Chacun des systèmes de traction, que nous décrirons plus loin, permet d'obtenir une échelle de vitesse allant de la demi-vitesse et parfois du tiers de vitesse jusqu'à la vitesse normale.

Quant à la propriété de pouvoir, si tel est le désir du conducteur, conserver une vitesse sensiblement constante en dépit de la nature du profil, elle constitue un avantage considérable. Sans introduction de résistance, le moteur asynchrone court sur la ligne d'une vitesse uniforme ; il dépense, si le voltage est constant, un courant sensiblement proportionnel à l'effort correspondant au profil et si une pente est absorbée en vitesse, nul besoin de freiner : le courant alternatif de son rythme imperturbable se charge de maintenir le train à la vitesse régulière ; seulement, dans ce cas, le train fournit à la ligne du travail au lieu d'en absorber ; sa force vive est utilisée au profit du système, et déduction faite des frottements et des pertes, il y a récupération. Si l'on veut dépasser, en pente, la vitesse réglementaire, il suffit d'intercaler une résistance ou de couper le courant ; c'est une question d'exploitation et non d'électrotechnique que de

savoir s'il convient de précipiter la course en pente au delà de la vitesse normale. En tous cas, le moteur asynchrone donne, sous ce rapport, les mêmes résultats que le moteur continu.

Conclusions sur la nature du courant a choisir pour les moteurs.

En définitive, à notre sens, chacun des deux genres de moteurs a son champ d'action propre et c'est une erreur que de vouloir émettre une opinion absolue à ce sujet. En cette matière, un éclectisme bien entendu semble l'attitude sage à adopter et le choix du genre de courant dépendra de la nature de l'exploitation.

Au point de vue des lignes économiques à longs parcours, au point de vue de l'obtention des grandes vitesses, et surtout au point de vue de l'économie relative de premier établissement et d'exploitation, le moteur triphasé a l'avantage.

Il faut s'attendre aussi à voir les plus grands perfectionnements se produire dans la construction de ce genre de moteurs. Déjà, les combinaisons de Boucherot, Heyland et Latour ont la sanction de l'expérience, le dernier mot n'est pas dit en cette matière et, cependant, quatre années de pratique permettent déjà d'affirmer le plein succès des chemins de fer utilisant actuellement des moteurs polyphasés.

Nous avons vu, page 606, que le rendement net au crochet du système à courant continu à grande distance, est de 69 0/0 en pratique. L'emploi du courant polyphasé directement dans le moteur permet de pousser facilement ce rendement à 74 0/0 et si l'on adopte 3 000 volts, pour le régime des moteurs polyphasés, au lieu de 500 volts continus, l'économie totale résultant de l'adoption du système polyphasé, en tenant compte du coût de premier établissement des lignes, des sous-stations et des frais d'exploitation, comparée au courant continu, varie de 12 à 15 0/0.

Exemples de chemins de fer polyphasés.

Le premier essai de traction par moteurs polyphasés a été tenté par les frères Brown sur les tramways de Lugano, en 1895. Depuis ces essais, la ligne Stannstadt Engelberg a été équipée par ces électriciens d'après un schéma analogue et, enfin, en 1898, a été ouverte la ligne de Burgdorf-Thun, formant un tronçon du futur chemin de fer international du Simplon. Le grand

succès technique et financier de cette ligne justifie la courte description des installations qui la desservent dues également à la maison Brown et Boveri, de Baden.

Ligne de Burgdorf-Thun. — La Centrale génératrice est située sur la Kander (voir carte, *fig.* 25) dérivée par une conduite d'acier vers le lac Thun. Elle fournit de 3600 à 4500 *ch*, sous une pression de 629 *m* d'eau. Cette centrale remarquable (*Pl.* 22,

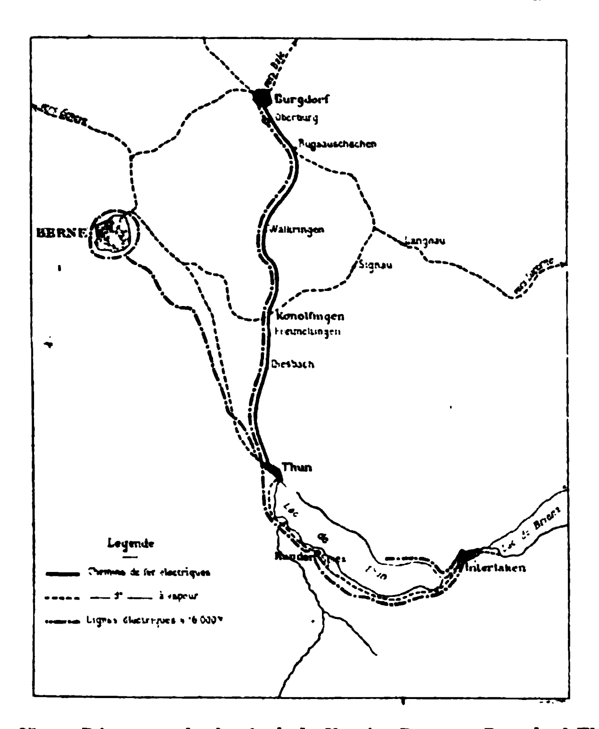


FIG. 25. — Réseaux polyphasés de la Kander Berne et Burgdorf Thun.

fig. 26) comprend 5 turbines Girard de 900 *ch* à 300 tours, attaquant directement les alternateurs Brown de 4000 volts polyphasés 40 périodes. Le bâtiment de droite de la figure 26 contient, au rez-de-chaussée, les transformateurs-élévateurs de 4000 à 16000 volts, qui sont maintenus à température basse par un courant d'eau circulant dans des serpentins. L'étage supérieur contient les tableaux de couplage ; la tour de dispersion des lignes est en avant de ce bâtiment.

Distribution de la ville de Berne. — Les lignes à haute tension (*voir carte* 25) se répartissent inégalement dans la région. Les

centres les plus voisins, Spiez, Thun, Faulseebad, Interlaken, sont desservis à 4000 volts, les centres éloignés sont desservis à 16000 volts et le premier poteau de la ligne principale de 16000 volts est visible à gauche de la figure 26 (*pl.* 22). Ces mâts métalliques portent les douze lignes de cuivre distribuant la majeure partie de la puissance à la ville de Berne située à 40 *km* à vol d'oiseau de la centrale et au chemin de fer de Burgdorf à Thun qui a 42 *km* de développement. Thun est à 12 *km* de la station centrale de la Kander (Spiez). La portée maximum du système est donc de 54 *km*. La station de la Kander n'est pas moins remarquable au point de vue technique qu'au point de vue économique, puisqu'elle est la première station distribuant l'énergie électrique pour les services multiples de lumière, force motrice et tramways de villes (dont Berne, Burgdorf et une quantité de localités rurales), en même temps qu'elle alimente une ligne de chemin de fer importante.

Avantages généraux d'ordre économique des circuits polyphasés.

Il résulte de cette utilisation méthodique et rationnelle à des usages si divers de l'électricité, émanant d'une même source, une économie considérable de production. Ainsi que nous l'avons démontré, la cause de cette économie ne gît pas dans l'emploi de la force hydraulique, mais bien essentiellement dans la conception de l'unité de source et de la multiplicité des transformations pour l'utilisation, par les industries les plus diverses, du courant dans une zone étendue.

Peu de régions continentales présentent à cet égard de meilleures conditions que la Belgique et le nord de la France, dont la densité particulière de population, la concentration d'industries, telles que les mines et les laminoirs, nécessitant la mise en œuvre de grandes puissances, se joignent à l'existence d'un réseau de chemins de fers surchargés de trafic, de lignes vicinales d'une importance exceptionnelle et de voies navigables importantes.

Le facteur d'économie résultant d'un usage constant de la puissance, de la concentration de grandes unités génératrices et des modes d'utilisation multiples et divers, joint au bon marché du combustible, concourt à donner à ces contrées les plus grandes chances de pouvoir lutter avantageusement avec les régions de montagnes, pour la diffusion économique et rationnelle

de l'électricité. Ce résultat sera atteint par la création de centrales polyphasées à haute tension, plus puissantes encore que celle de la Kander, mais desservies par la vapeur.

Mode de distribution du chemin de fer Burgdorf-Thun. — Ces lignes consistent en un réseau de trois fils de 5 *mm* de diamètre posés sur mâts de 8 à 14 *m* en sapin préparés au bichlorure de mercure. Cette ligne primaire figurée en traits interrompus dans la figure 25, ne suit pas toutes les sinuosités de la voie. Elle se trouve en général à 60 *m* de celle-ci mais elle la coupe souvent pour prendre le chemin le plus court.

Sous-station. — De distance en distance, la ligne triphasée 16 000 volts envoie une dérivation de trois fils à un poste de transformation qui figure dans la planche 23, figure 27; ces dérivations sont espacées de 3 à 4 *km*. La ligne primaire d'alimentation est à gauche de la figure 27. Elle est peu visible. Le courant arrive à un appareil interrupteur manœuvrable par cordages métalliques isolés. L'interrupteur aérien permet d'isoler la sous-station. Sur deux fils se trouve branché un petit transformateur utilisé pour l'éclairage du poste et la mise en mouvement de sonnerie et de signaux. Le transformateur principal de 150 kilowatts est enfermé dans le rayon inférieur de la grande armoire métallique, figurée à gauche de la figure 27, planche 23. Le transformateur est logé dans une caisse en fonte remplie d'huile de résine, la caisse porte des ailettes de refroidissement très nombreuses.

Le rayon supérieur de l'armoire contient du côté opposé à la voie trois brûle-fils primaires et du côté de la voie, les trois brûle-fils secondaires.

Le courant secondaire dérivé du transformateur triphasé à la tension de 900 volts est dirigé vers le poste des compteurs situé sur le côté opposé de la voie, côté droit de la figure 27, et dont il revient aux deux lignes aériennes de 8 *mm* que l'on voit en haut et au centre. La sous-station transformatrice est complétée par le parafoudre à triple corne visible en haut du treillis métallique. Chaque phase est reliée à la ligne par une résistance liquide enfermée dans un tube en U en grès vernissé. Ce point de détail est le seul critiquable dans cette installation modèle : nous pensons que la conservation du liquide dans ces appareils est difficile, le manque d'entretien peut avoir des conséquences graves

et enfin la limitation du courant de décharge qui est le but de ce dispositif ne nous paraît pas assurée.

Nous préférons à tous égards les résistances à self-induction, dont nous avons fait adopter l'usage pour les réseaux belges triphasés.

Avant de passer aux lignes aériennes de contact, le courant des deux phases (divisé en deux dérivations, desservant l'une l'amont, l'autre l'aval du poste) passe par un tableau d'interrupteurs et de brûle-fils contenus dans l'armoire de droite. Cette sorte d'armoire suspendue contient les grands compteurs, qui permettent à la Compagnie du Chemin de fer de relever la puissance à payer au fournisseur de courant et la force absorbée sur la section par les locomotives et les trains qui la parcourent. La figure montre vers le haut sur la ligne de contact les interrupteurs de section qui limitent le circuit de contact de station en station. Chaque section est donc isolée de la voisine, mais alimentée aux deux bouts. Deux phases sont isolées et fait caractéristique des tramways de Lugano, du chemin de fer vicinal de Stansstad-Engelberg et enfin du chemin de fer normal de Burgdorf-Thun, la troisième phase est connectée aux rails ; la seule liaison électrique existant entre ceux-ci consiste en ce que les files de rails sont réunies l'une à l'autre de 100 *m* en 100 *m* par un fil de 8 *mm* sans bonds mais avec un éclissage au zinc.

Nous discuterons plus loin les inconvénients de ce mode de connexion.

Le profil de la voie comprend des rampes de 20 à 25 *mm* avec une rampe moyenne de 10.

Matériel de Traction.

Automotrices. — Le matériel roulant dont l'équipement est, comme la Centrale et la distribution, due à la maison Brown et Boveri de Baden, consiste en voitures automotrices à archets pour le service des voyageurs et en locomotives pour les marchandises.

Les voitures offrent 66 places assises très confortables *(Pl. 23, fig. 28).* Elles sont à double boggie, pèsent 32 *t* au complet, dont 10 *t* pour l'équipement électrique. Leur puissance totale est de 320 *ch* répartis entre quatre moteurs de 80 *ch*. Les moteurs sont à engrenages à réduction de 1 à 3 et font 600 tours pour la vitesse normale de 40 *km*.



FIG. 27. — Ligne et transformateurs.



FIG. 28. — Automotrice Burgdorf-Thun.



FIG. 29 — Locomotive Burgdorf-Thun.

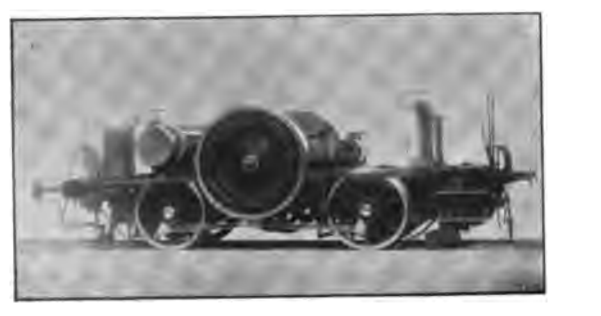


FIG. 30. — Mécanisme de la locomotive Burgdorf-Thun.

En cas d'affluence les trains sont composés de deux voitures motrices et trois voitures remorquées de 100 places chacune. En temps ordinaire ils sont composés de une motrice et une remorquée. Le freinage électrique et le freinage à air comprimé, le chauffage électrique et l'éclairage sont des plus soignés.

Réglage de la vitesse. — Le controller manœuvre les touches de la résistance de démarrage, qui sert aussi de modérateur de vitesse. Cette résistance est posée sous la voiture et permet un démarrage des plus doux pour atteindre en 22 secondes la vitesse de 40 *km*. Une fois le train lancé, la variation de vitesse quel que soit le profil ne dépasse pas 10 0/0 de la vitesse normale et il est véritablement surprenant de voir le train s'engager sur les pentes, sans que le wattman ait la moindre propension à toucher le frein, le tachymètre reste presque fixe, l'ampèremètre montre une diminution de la puissance absorbée ou tombe à zéro, le voltmètre reste fixe, et le train continue imperturbablement sa marche sous l'effet synchronisant du courant. Si le moteur dépasse la vitesse de régime sous l'effet de la pente, il fournit de l'énergie à la ligne. En rampe, le tachymètre montre une diminution de vitesse de quelques pour cent à peine, l'ampèremètre monte, accusant l'augmentation de puissance absorbée, tandis que le voltmètre indique une légère perte de charge dans la ligne.

Locomotives. — Ce matériel comprend aussi de très belles locomotives à deux moteurs de 150 *ch*. Elles sont destinées au service des marchandises à la vitesse de 20 *km*.

Le mécanisme en est visible dans la planche 23 figure 30 qui montre la locomotive de la figure 23 planche 22, dont la caisse est enlevée. Chaque moteur attaque, par des engrenages à coin, une transmission dans le rapport 1 à 1,88. Cette transmission agit par bielle d'accouplement sur les deux essieux.

Les locomotives peuvent aussi fournir, en usant d'un embrayage à manchon, la vitesse de régime de 40 *km*, par un engrenage dont le rapport de réduction est 1 à 3,67. Les rotors des locomotives font seulement 300 tours. Le cylindre en tôle perforée situé au-dessus de la roue gauche contient la résistance de réglage de vitesse permettant le démarrage progressif et la mise en phase des moteurs. Au-dessus de la roue de droite, se voit le moteur actionnant le compresseur d'air alimentant les réservoirs du frein à air comprimé ; à gauche et à droite se remarquent les

manivelles des freins à main, ainsi que les controllers de manœuvre des freins électriques et de la résistance générale. La locomotive est complétée par un jeu de tachymètre, voltmètre et ampèremètre. Le sifflet est branché sur le réservoir à air comprimé.

Transformation du matériel roulant Suisse. — Le lecteur nous excusera de la longueur des détails fournis sur cette ligne remarquable, dont l'exécution technique et les résultats économiques excellents, font à la fois honneur aux techniciens et aux hommes de chemins de fer de la Suisse, en particulier aux frères Brown et à leurs collaborateurs Swallow, Aichele et d'autres. Quoique tout ne soit pas à imiter dans cette application remarquable d'un chemin de fer conçu sur un plan tout nouveau à très haute tension pour une exploitation peu intense et à petite vitesse, il n'en est pas moins vrai que les résultats pratiques obtenus sur cette ligne depuis 1899, sont tels qu'on leur doit de voir aujourd'hui toutes les forces financières et techniques de la Suisse se grouper pour proposer à l'État fédéral, contre une simple garantie d'intérêt de 3 0/0, de faire la grandiose transformation de tout le matériel des chemins de fer suisses en matériel électrique et se proposer ainsi un plan de travail impliquant la mise en jeu d'un capital de près de 600 millions.

Mieux que toute autre argumentation, ce chiffre et ce groupement prouvent que la démonstration est faite en Suisse de la supériorité économique et pratique de l'électricité en matière de chemin de fer.

Chemin de fer de la Jungfrau. — C'est encore par les courants triphasés que fut réalisé cet admirable chemin de fer de la Jungfrau dont la planche 23, figure 31, donne l'un des plus saisissants aspects. Dans cette réalisation hardie due à la collaboration des usines d'Oerlikon et des usines de Baden, le profil implique l'usage d'un matériel et de trolleys spéciaux ainsi que de la crémaillère pour franchir des rampes atteignant 24 0/0.

La dernière section du chemin de fer comprend une ascension verticale de 73 *m*, qui mettra le voyageur au niveau de 4 166 *m* au-dessus de la mer. Les motrices ont deux machines triphasées de 120 *ch* chacune, dont le rendement net est de 92 0/0.

Le courant triphasé à 7 000 volts, 38 périodes, est directement lancé sur les lignes d'alimentation, transformé à 500 volts par

des transformateurs statiques n'exigeant pas de personnel ; il passe directement de la ligne de contact aux moteurs polyphasés. A voir le génie humain, mener jusqu'aux sommets jusqu'ici inviolés des glaciers, la puissance mécanique puisée à leur pied dans une faible partie du vaste réservoir d'énergie potentielle, constitué par les torrents qu'ils engendrent, notre admiration se partage entre la Science qui utilise si bien ces forces et la Nature qui en dévoile les aspects grandioses à nos yeux éblouis.

Inconvénient de l'emploi de la terre comme conducteur.

Les distributions polyphasées, dont nous venons de voir la description sommaire, comportent une ligne d'alimentation à haute tension à trois fils fortement isolés et posés sur des poteaux plus ou moins distants de la voie ; les fils sont équidistants et disposés aux sommets d'un triangle ; quant au circuit de contact, il ne comprend que deux lignes aériennes isolées, posées axialement au-dessus des rails. Le troisième pôle du réseau à basse tension est constitué par ceux-ci ; on les fait servir de conducteurs de retour à l'aide de procédés plus au moins parfaits de connexion électrique des rails par des conducteurs en cuivre appelés Bonds, ou par des plaques de zinc pincées dans les éclisses.

Cette disposition de retour par la terre est critiquable à plus d'un point de vue en matière de chemins de fer électriques.

Quelque désagréable qu'elle puisse paraître à la plupart de nos confrères électriciens, nous croyons devoir exposer la raison de cette opinion qui n'est paradoxale qu'en apparence, à savoir : que la transmission des forts courants continus ou alternatifs, destinés à la traction, doit être faite d'après nous par des circuits parfaitement isolés, et que les retours par la terre doivent être réservés aux faibles courants, actionnant les appareils délicats de la télégraphie et de la téléphonie.

En matière de tramways et de services urbains peu étendus et fermés en boucles, avec des tensions et des courants relativement limités, les inconvénients des inductions et surtout et principalement des dérivations massives de courant, sont déjà considérables. Les luttes légendaires des téléphonistes et des ingénieurs de tramways attestent que malgré toute la concorde professionnelle possible et avec un égal et scientifique souci de ne point se gêner, ces deux classes de techniciens en sont déjà venues aux extrêmes.

Que deviendrait cet antagonisme forcé, si des milliers d'ampères à très haute tension, parcouraient les rails parallèles et tous voisins des grandes artères télégraphiques. Certes, la télégraphie et la téléphonie internationales, constituant l'un des plus importants facteurs des échanges intellectuels et économiques de la vie moderne, ne vont pas se modifier facilement : Usant du droit de premier occupant, elles vont disputer chèrement leurs places acquises, et entraver le développement des grandes lignes de transport faisant usage de la terre. Au point de vue technique théorique, le retour par les rails pour les grands courants est du reste bien imparfait. Les ligatures sont si mauvaises que déjà la soudure des rails se généralise en tramways. Or, si cette opération est possible avec le rail de tramway noyé dans un pavage à faible conductibilité calorifique, elle est en revanche prohibée pour le rail posé à découvert et exposé à de grandes variations de température.

Les Bonds sont déjà remplacés dans les chemins de fer par de grosses lignes en cuivre, parfaitement continues, logées dans le ballast. Les dérivations de courant par les conduites de fer ou de plomb, les corrosions du fer au contact de la ligne de cuivre et des connexions avec les rails, tous les effets chimicophysiques de l'électrolyse entrent ici en jeu pour rendre l'entretien de ces lignes assez coûteux.

La seule économie (celle des isolateurs) réalisée dans le système des conducteurs noyés dans le ballast, est largement compensée par ces difficultés. D'autre part, en matière de chemin de fer et de lignes à longue portée, il n'est pas d'un faible intérêt d'augmenter le voltage des moteurs pour réduire le poids du cuivre. Or, un pôle étant au sol, les dangers d'un contact du personnel avec l'autre pôle, sont considérablement accrus et les dégats matériels à résulter d'un simple contact à la masse sont considérables, surtout lorsque l'isolement de la ligne est imparfait. Quelques incendies de voitures du système à troisième rail, ont eu ce défaut comme cause initiale.

Donc au point de vue économique d'entretien, au point de vue de la sûreté du personnel et du matériel, au point de vue de l'intérêt général qu'il y a à ne pas apporter de perturbations graves dans le fonctionnement du système européen de la télégraphie et de la téléphonie, il nous paraît que dans l'avenir, le retour par la terre sera abandonné par les ingénieurs de traction pour les grandes lignes.

Inconvénients du retour par les rails, spéciaux aux courants polyphasés.

Ces considérations générales, indépendantes du système de courant, sont importantes pour le cas d'emploi des courants polyphasés. Le circuit étant formé de deux lignes aériennes, distantes de 60 *cm*, et la troisième ligne étant dans le sol à 4,50 *m* des premières, le triangle allongé formé par les lignes, amène des réactions d'induction des deux lignes les plus voisines entre elles, de plus le champ de la ligne posée sur le sol est coupé par les masses magnétiques de la voie ; l'ensemble du réseau ainsi constitué a un mauvais rendement et a un coefficient de self-induction assez élevé ; son champ extérieur n'est pas nul comme c'est sensiblement le cas de la ligne primaire disposée en triangle et isolée également, dont nous parlions plus haut.

Dans ces conditions, il y a répercussion inévitable dans les réseaux télégraphiques et téléphoniques, et l'emploi de la terre est prohibé pour ceux-ci dans une zone étendue de part et d'autre de la voie. Ils doivent s'installer en double fil isolé.

Cet inconvénient n'était pas très grave à Lugano, encore moins à Standstadt-Engelberg, dans le massif des Alpes et en pleine montagne, mais il devint sérieux à Burgdorf-Thun, et les difficultés qui ont surgi entre ingénieurs électriciens, entre les courants de machine et les courants de pile n'ont pas encore été aplanies.

Les récents essais d'une mise à la terre d'un réseau polyphasé à 3 000 volts, ont démontré, en les exagérant, les difficultés que nous venons d'indiquer.

Elles sont telles, que dans un pays peuplé comme l'Allemagne Rhénane, la Belgique ou le Nord de la France, on peut considérer comme peu pratique de mettre à la terre un courant polyphasé même de 1 000 volts seulement ; d'autre part, les spécialistes émettent des doutes sur la possibilité d'éliminer complètement les effets d'induction et de conduction de lignes de traction polyphasées à haute tension sur les lignes télégraphiques.

Sur ce point les craintes sont aujourd'hui dissipées ; nous avons eu l'occasion de faire cette preuve expérimentale et décisive par les travaux dont la description va suivre.

Lignes polyphasées a longue distance exécutées en Belgique.

La région située entre Bruxelles et Charleroi (56 *km*) (voir carte, *fig.* 32), devant être desservie par courant polyphasé à la tension de 6 000 volts : l'une des applications principales dès le

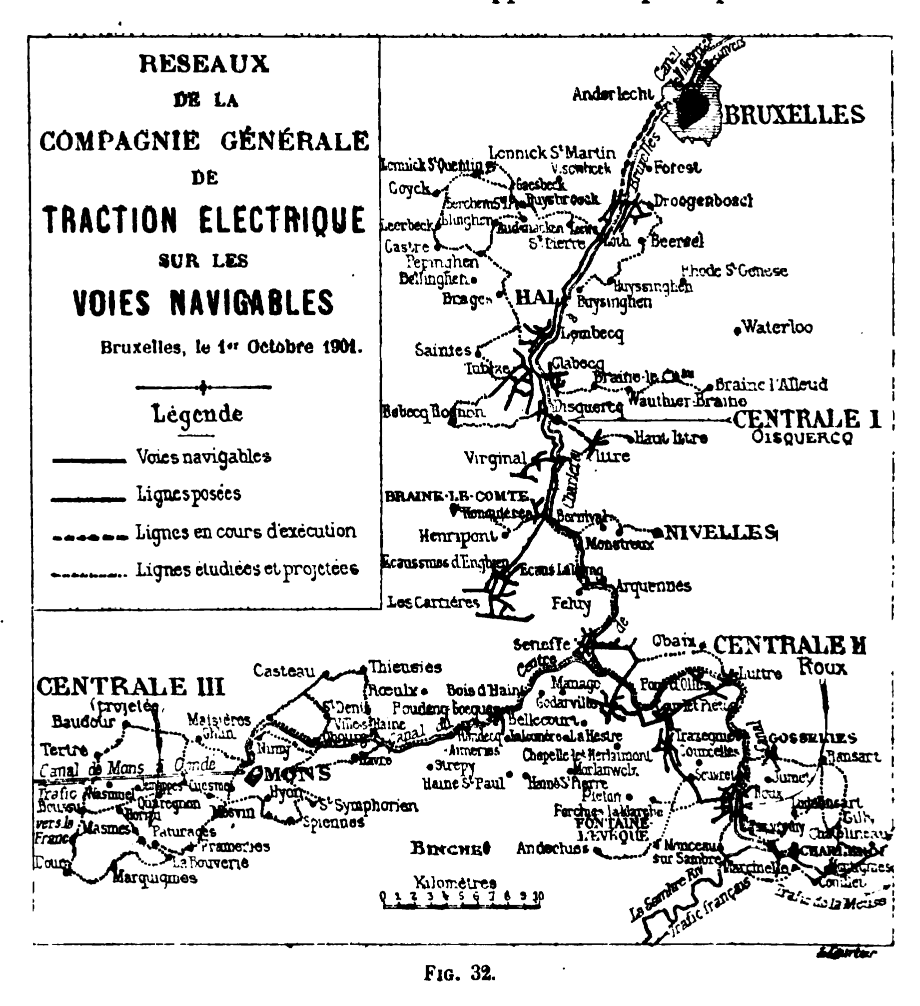


Fig. 32.

début du fonctionnement de ces réseaux jusque-là (1898) non expérimentés en Belgique sur de longues distances, fut le halage électrique des bateaux le long du canal de Charleroi. Ce canal est parallèle, pour 20 *km* environ, aux lignes internationales télégraphiques et téléphoniques les plus importantes. Pour ces motifs, l'auteur dut s'entourer des précautions les plus méticu-

Fig 33. — Tracteurs polyphasés.
Halage du canal de Charleroi.



Fig. 31. — Ligne de la Jungfrau.

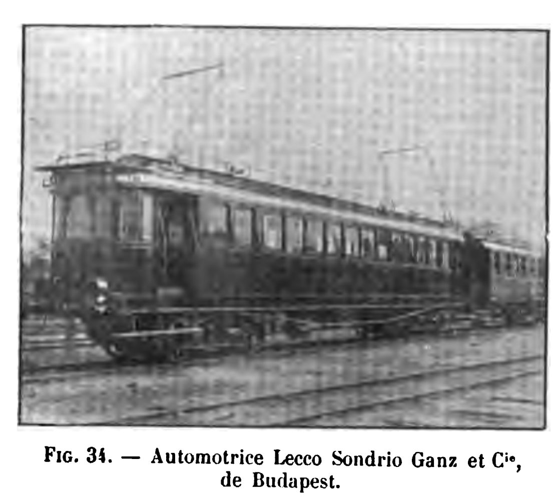


Fig. 34. — Automotrice Lecco Sondrio Ganz et Cie,
de Budapest.

leuses pour éviter et les causes d'induction, et surtout les causes de dérivations, qui eussent arrêté le service télégraphique ou téléphonique de lignes situées parfois à 30 *m* de la primaire.

Il est heureux de constater ici que loin de rencontrer dans l'Administration des Télégraphes belges les résistances opiniâtres, qui furent opposées dans d'autres circonstances et par d'autres autorités aux électriciens, il reçut, de la part des chefs et des fonctionnaires de cette Administration, un concours bienveillant, dont il est heureux de les remercier à nouveau, concours qui aboutit à prouver par la pratique, que la transmission polyphasée, étendue sur plus de 200 *km*, au milieu d'un des réseaux télégraphiques les plus complexes, les plus denses, employant tous les genres d'appareils, n'apportait aucun trouble à leur fonctionnement, tant que l'état d'isolement restait parfait pour les courants forts (1).

En revanche, la mise à la terre, à Clabecq, d'une phase du circuit à 6 000 volts, 40 périodes, amenait le trouble dans les bureaux situés à 80 *km* du point de contact et paralysait le fonctionnement des réseaux à usages multiples (Circuits télégraphotéléphoniques).

Description d'une ligne polyphasée a circuits de traction totalement isolés.

Le système des lignes de traction totalement isolées, appliqué en Belgique par l'auteur, comprend six lignes portées par les mêmes poteaux (partie gauche, *fig. 33*, *Pl. 24)*.

Les trois fils supérieurs constituent la ligne primaire à 6 000 volts, 40 périodes, les trois fils inférieurs forment la ligne de contact (600 volts) sur laquelle glissent trois trolleys cavaliers portant par câble souple le courant aux tracteurs à quatre roues circulant sur les berges, avec une vitesse variant de 1 *km* à 3,600 *km* à l'heure.

La première ligne alimente la seconde par des transformateurs statiques espacés de 4 *km*.

Les tracteurs utilisent le courant polyphasé à 600 volts sans autre transformation et le réglage de la vitesse est obtenu par de simples résistances de démarrage. Celui-ci se fait même sous des efforts cinq fois supérieurs à l'effort normal au crochet.

(1) *Bulletin de la Société Belge d'Électriciens.* Communication de M. de Pauw, Ingénieur des Télégraphes, dans la discussion au sujet des chemins de fer électriques (25 octobre 1901, t. XVIII, p. 375).

Puissance de démarrage des moteurs polyphasés. — Le torque maximum peut atteindre trois fois le torque correspondant à la pleine charge du moteur. Le caractère primitif de la route, les heurts et les chocs, même atténués par des suspensions spéciales qu'elle imprime aux machines, font de la traction sur berge sans rails une des épreuves les plus dures pour les moteurs électriques. Les moteurs polyphasés de Brown et Boveri ont résisté parfaitement jusqu'ici à ce service, toutefois, le réglage de la vitesse devrait, au point de vue de la traction sur rails, être gradué davantage qu'il ne l'est dans cette application.

C'est à une graduation de la vitesse particulièrement fine que la maison Ganz, de Buda-Pesth, s'est attachée dans le chemin de fer de la Valtelline, exécuté pour le réseau italien de l'Adriatique.

Chemin de fer de la Valtelline.

(Colico-Chiavenna-Lecco-Sondrio, 105 km).

La caractéristique du système étudié pour cette ligne, est l'emploi du triphasé à 3 000 volts aux moteurs et les dispositifs de réglage et de couplage permettant une graduation très délicate de la vitesse.

C'est à l'occasion de cette application que le montage des électro-moteurs en cascade fut imaginé.

La ligne d'alimentation parallèle à la voie est à 15 000 volts et 15 périodes. Elle a son origine à la Centrale de Morbegno (trois unités de 1 500 kilowatts). Les sous-stations statiques sont espacées de 10 en 10 *km*, la ligne de contact comprend deux lignes aériennes isolées de 8 *mm*, la troisième est formée par les rails. Nous pensons que cette troisième ligne sera isolée plus tard, à moins que l'on ne préfère modifier les appareils téléphoniques et télégraphiques de toute la zone intéressée par ce circuit de 109 *km*.

La captation du courant se fait par deux archets en forme de parallélogramme (voir *fig. 34, Pl. 24)* portant, dans le bras horizontal en buis, deux contacts roulants en aluminium de 80 *mm* de diamètre.

La course des archets est considérable : ils sont tenus en contact avec la ligne par des pistons à longue course à air comprimé, dont l'un est visible à l'attache de gauche de l'archet antérieur de la voiture représentée *(fig. 34, Pl. 24).*

Les moteurs sont au nombre de quatre, dont deux de 150 chevaux et deux de 75 chevaux normalement : et ils peuvent développer momentanément le double de ces puissances. Le poids de la voiture automotrice est de 54 *t*. Elle peut remorquer 3 à 4 voitures de 17 *t* à des vitesses variant de 30 à 65 *km* sur une ligne dont les variations de profil sont très grandes (10, 30 et 65 *mm*). Le matériel roulant comprend aussi des locomotives à marchandises pour remorquer 200 *t* avec des vitesses de 15 à 30 *km*. Elles sont équipées chacune de quatre moteurs de 150 chevaux. Le dispositif d'appropriation des vitesses à des régimes et à des puissances aussi différentes, est particulièrement ingénieux et connu sous le nom de :

MONTAGE EN CASCADE.

Des deux axes de chaque bogie, l'un est actionné par un moteur à 3000 volts (A, *fig. 35*), ce moteur a 150 *ch* de puissance; l'autre est mû par un moteur de tension moindre (B) et de 75 *ch*.

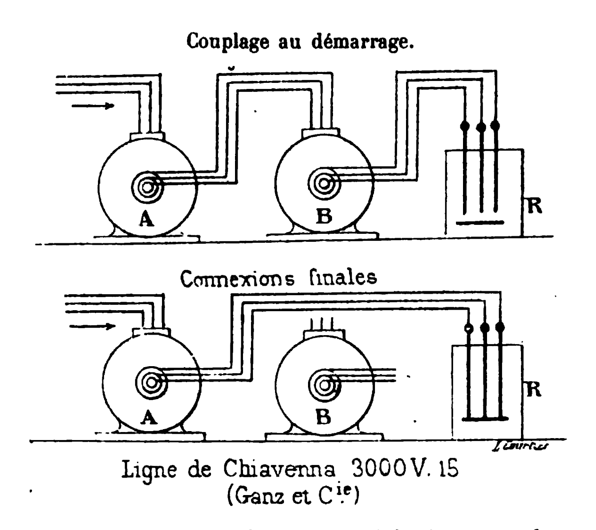


FIG. 35. — Montage de moteurs triphasés en cascade.

Le bobinage de B est tel que l'on puisse envoyer dans son stator le courant induit du rotor A. Dans le montage, dit de démarrage, la résistance liquide R donne une série de vitesses de 0 à 30 *km* jusqu'à sa mise en court circuit de R; à ce régime les quatre moteurs font normalement 75 *ch* chacun, soit 300 *ch* en totalité.

Cette vitesse est exactement la moitié de la vitesse propre du moteur A considéré isolément, et marchant à 3000 volts sans résistance intercalée. De 30 à 65 *km* la graduation de vitesse est obtenue par les connexions figurées au bas de la planche 36, qui indique la connexion finale de pleine vitesse, la résistance R étant annulée. A ce régime, les moteurs de 75 chevaux et de basse tension ne sont pas en circuit et les deux moteurs de haute tension donnent 300 *ch* à pleine vitesse.

Le montage en cascade est une invention propre à Ganz et à ses Ingénieurs, elle fait le plus grand honneur à ses inventeurs : elle permet, sans excès de courant, de produire le plein travail sous demi-vitesse : paradoxe mécanique pour la locomotive à vapeur et réalité pour la voiture électrique polyphasée.

Le système étudié par Ganz est un moyen électrique et inductif de réduction de vitesse analogue aux moyens mécaniques de variation de vitesse par changement de train d'engrenages utilisés dans les machines-outils.

Les moteurs Gearless sont suspendus élastiquement sur les essieux à l'aide de deux bielles et de deux coudés.

Le confort des voitures est très grand : ventilation, chauffage, éclairage et freinage sont électriques. On peut juger par la figure 36, planche 25, du luxe et de la perfection de ce matériel. La voiture automotrice de première classe offre 30 places, réparties en deux salons, plus un compartiment libre de 2,45 *m* × 3 *m*, soit en tout 46 places. Toutes les manœuvres sont faites à l'air comprimé et à l'électricité. Les voitures mixtes de deuxième et troisième classes automotrices ont le même poids pour 56 places assises et 6 debout.

Les locomotives à marchandises de ce chemin de fer ne sont pas montées avec moteur en cascade. Les quatre moteurs de 150 chevaux reçoivent directement de la ligne le courant sous 3000 volts et leur vitesse est réglée par le rhéostat liquide. Outre leur poids propre, elles sont susceptibles de remorquer 250 *t* à 30 *km*, sur des rampes de 20 0/00. Elles pèsent 46 *t*.

Expérience a grande vitesse en Allemagne.

Zossen-Marienfeld.

L'Allemagne, usant de ses forces techniques et industrielles, n'a pas hésité à adopter depuis longtemps la traction électrique pour nombre de lignes d'intérêt local et de chemins de fer de

banlieue. La construction des lignes avoisinant Dusseldorf, Crefeld, Munich et, tout récemment, l'adoption de l'électricité pour la ligne de Lichterfelde-Berlin (confiée à l'Union Electricitäts Gesellschaft) prouvent qu'en matière de chemins de fer ordinaires ou de chemins vicinaux la démonstration de la supériorité de l'électricité est faite dans ce pays.

Les techniciens allemands ont voulu franchir une étape de plus : groupés en une puissante Société d'études, et aidés de la protection impériale, ils ont entrepris la construction des chemins de fer à très grande vitesse, en vue du trafic intense de Berlin-Hambourg, Berlin-Cologne et Cologne-Dusseldorf. Les essais relatifs à cette question sont en cours sur la ligne militaire Zossen-Marienfeld (23 *km*) où l'absence de trafic et de courbes permet sans grande difficulté des essais complets.

Programme des essais. — L'énergie électrique est fournie par la station centrale existante créée par l'Allgemeine Electricitäts Gesellschaft, à Ober-Schöne-Weide, près Berlin. Les lignes électriques ont été étudiées et posées par la maison Siemens et Halske, qui a réussi à créer un type de ligne de contact triphasé entièrement isolée et se prêtant à la vitesse extrême de 220 *km*. La ligne primaire est elle-même dans ces essais la ligne de contact, mais cette disposition n'est adoptée qu'à titre temporaire. Il résulte de cette disposition que les moteurs des voitures sont alimentés par des transformateurs compris dans l'équipement de celles-ci. De là, une augmentation de poids mort assez considérable. La ligne est à 10 000 volts et peut être chargée à 12 000 volts. Elle est latérale à la voie et non axiale.

Lignes et voie. — La figure 37, planche 25, représente à gauche la ligne de contact et à droite la ligne télégraphique. La voie de gauche est seule utilisée pour les essais. Elle est formée de rails Vignole de 33 *kg* posés sur traverses en bois. Cette voie n'a pas résisté aux essais à 160 *km* ; les expériences ont été interrompues en vue de pouvoir réaliser, dans le cours de l'année 1902, une infrastructure plus résistante.

La ligne est située tout entière dans un plan vertical distant de 2,35 *m* de l'axe du rail extérieur. Les poteaux sont espacés de 35 *m*, chaque poteau porte un fer en U, plié en forme d'arc. La corde élastique de cet arc supporte en trois points distants de 60 *cm* environ des isolateurs à tiges coudées. La corde de l'arc est isolée de la terre. La ligne a ainsi un double isolement par

rapport à la terre : celui des isolateurs à cloches et celui de la corde de support.

La section des fils de ligne n'est que de 100 *mm* carrés quoique les voitures y prennent une puissance de 1 000 *ch*. La disposition de l'arc et des tiges coudées forme un ensemble élastique qui se déforme sans avarie au passage des trois archets latéraux dont les voitures sont munies.

Expériences préliminaires. — Les deux voitures d'essai sont de modèles différents : l'une est construite par l'Allgemeine *(fig. 38)* l'autre par la maison Siemens *(fig. 40 et Pl. 25, fig. 41)*. Elles satisfont toutes deux à un programme commun et ont été construites d'après des calculs basés sur des expériences préliminaires admirables relatives à la résistance de l'air.

Résistance de l'air.

Ces expériences ont démontré qu'à des vitesses voisines de 200 *km*, la formule classique de Grove et Clark : $R_v = 2,25 + 0,001\ V^2$ (où V est exprimé en kilomètres à l'heure) n'est plus applicable. D'après cette formule, l'effort dû à la résistance de l'air eût absorbé 3000 *ch* environ et l'effort de traction aurait été de 42,5 *kg* par tonne.

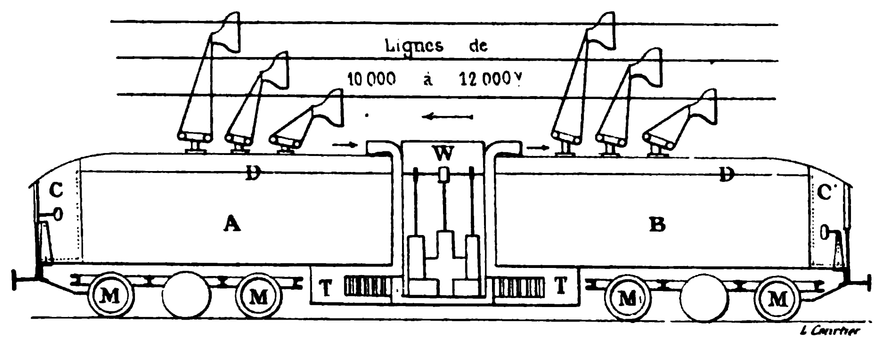
Il résulte des essais de Reichel, préliminaires aux essais sur la voie de Zossen, que la formule classique n'est applicable avec une certaine exactitude qu'en dessous de 100 *km*. Quant à l'effort résultant des frottements, il a été admis être de 4,5 *kg* à la tonne, soit pour les 96 *t* de cette voiture $96 \times 4,5 = 450$ *kg*. La détermination expérimentale de la résistance de l'air pour un véhicule de forme légèrement arrondie à l'avant et de 10 m^2 de section a donné le chiffre de 900 *kg*, soit 90 *kg* par mètre carré pour une vitesse de 55 *m*-secondes.

Le travail total prévu pour la voiture était donc :

$$\frac{(900 + 450)\,55}{75} = 950\ ch$$ au lieu de 3000 *ch*, travail dont 66 0/0 sont représentés par la force nécessaire pour vaincre la résistance de l'air. Le rapport de ces expériences préliminaires et des études des moteurs électriques triphasés de 250 *ch* pouvant temporairement développer 750 *ch* constitue une des plus belles pages de l'histoire de l'électrotechnique allemande. Elles font le plus grand honneur aux Ingénieurs des deux institutions qui ont entrepris ces mémorables essais.

Voitures de l'Allgemeine *(fig. 38 et 39.)*

Le type définitif (n° III) présenté aux essais par cette firme pèse 90 *t* dont 30 *t* pour la partie électrique. Dans ce poids, les transformateurs entrent pour 6,5 *t* et les accumulateurs destinés à l'éclairage et au frein de sûreté pour 2,600 *t*.



Zossen Marienfeld. Voiture Siemens.

Fig. 38.

La puissance normale des moteurs est de 250 *ch*, leur puissance momentanée peut atteindre 750 *ch*. Il sont au nombre de quatre actionnant directement sans engrenages quatre des essieux des bogies à trois essieux. Les moteurs sont ventilés à l'extérieur des stators qui sont cannelés. Ils sont indiqués en (M) *(fig. 39)*.

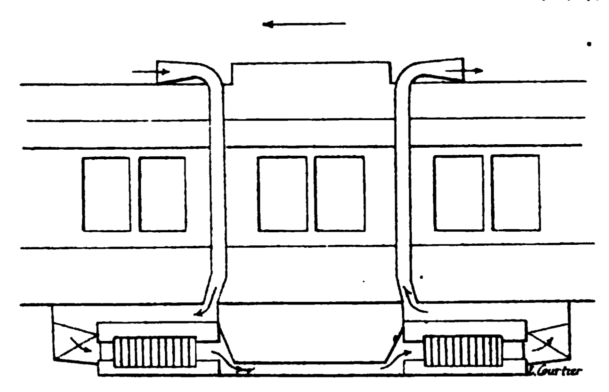


Fig. 39. — Zossen-Marienfeld. Détail de la ventilation des transformateurs A. E. G.

Les deux postes de wattman (C) ne contiennent pas d'appareils sous courant. Des manettes avec chaînes et barres creuses rigides actionnent, par les barres D, les appareils d'interruption de réglage et de démarrage logés dans une chambre centrale W

où pénètre le courant à 10000 volts capté par les archets élastiques.

Les deux compartiments A contiennent chacun 28 places assises. Les câbles sous courant à 10000 volts soigneusement isolés passent de la salle W aux transformateurs T dont le détail est représenté dans la figure 40. Ces derniers ramènent la tension de 12000 volts à 435 volts. Ils sont ventilés par le courant d'air à l'aide de deux manches à vent. Ils ne pèsent que 6,5 *kg* par kilowatt, avantage obtenu par cette intense ventilation.

Réglage de la vitesse. — Le réglage de la vitesse se fait par des rhéostats liquides situés dans la chambre W. Ce point est le seul qui ait causé quelques ennuis aux électriciens. Le liquide employé en s'émulsionnant par l'action combinée des chocs et du courant a moussé et débordé suffisamment pour faire donner à cette chambre le nom de « Wasche Kuche ». Cet inconvénient a été efficacement combattu.

Les freins sont progressifs et comprennent deux Westinghouses, un frein électrique et deux freins à main. Le frein électrique mérite une mention spéciale : la batterie d'accumulateurs chargée par un petit moteur spécial peut servir à exciter le stator des moteurs, dès lors, ceux-ci débitent par les rotors du courant sur la résistance de démarrage ou en court-circuit. Ce travail d'absorption d'énergie ou de transformation en chaleur, constitue un mode de freinage très élastique et très progressif.

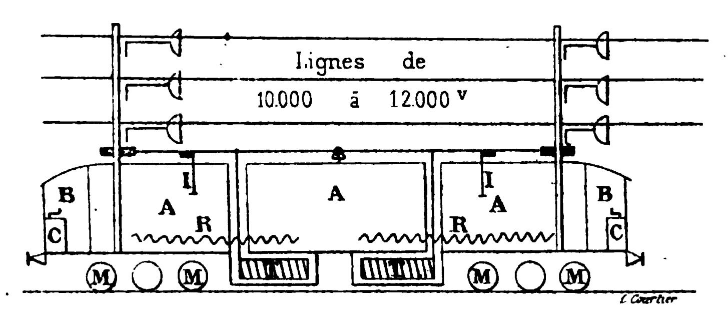
Manœuvre du train. — Le machiniste a dans sa cabine peu d'appareils à manier, savoir : un renverseur de courant, un volant de manœuvre, le frein Westinghouse et le sifflet. Si le volant, qui est la pièce principale, est tourné légèrement à droite, il produit le démarrage, ensuite en continuant dans le même sens, il diminue les résistances pour passer à la pleine vitesse.

En le tournant à gauche, on diminue la vitesse ; il passe ensuite par la position d'interruption du courant ; si l'on accentue le coup de barre à gauche il couple la batterie sur les moteurs pour commencer le freinage ; en continuant à gauche, il réduit les résistances et arrive à la position de court-circuit des rotors. A partir de ce moment, le machiniste peut agir sur la soupape Westinghouse placée à sa gauche. En comparant cette manœuvre avec celle d'une locomotive moderne, on voit que le métier de wattman à grande vitesse est un métier bien facile à la seule condition de voir clair et vite.

Voiture Siemens et Halske *(fig. 40 et Pl. 25, fig. 41.)*

La voiture pèse 90,5 *t*, dont 42 pour l'équipement électrique, dans ce poids, le transformateur figure pour 12,3 *t* et la batterie d'éclairage pour 500 *kg*.

La puissance normale des quatre moteurs est de 250 *ch* par moteur, pouvant donner momentanément 3.000 *ch* en totalité (M). La voiture peut contenir quarante-huit places assises très confortables, réparties dans les trois compartiments A. Le courant



Zossen Marienfeld. Voiture A. E. G.

Fig. 40.

est pris par six archets, fixés à deux poteaux creux en acier, placés presque sur les axes des bogies. Le défaut de la voiture est le gabarit exagéré en hauteur, résultant de cette disposition, commun du reste à la voiture de l'Allgemeine et à la voiture Siemens.

Le courant passe des lignes posées sur isolateurs sur le sommet de la voiture, aux interrupteurs I, mus par l'air comprimé.

Ces lignes sont protégées par des parafoudres que l'on distingue à droite des poteaux de support des archets dans la figure 42.

Réglage de la vitesse. — Du toit, les lignes à 12 000 volts passent par des tuyaux métalliques aux chambres des transformateurs T. Ceux-ci sont triphasés, mais les circuits indépendants, et un très ingénieux artifice permet de graduer la vitesse d'après leur mode de couplage : couplés en triangle, ils donnent 1 150 volts aux moteurs, et couplés en étoile, la tension distribuée devient 1 850 volts. Au démarrage, le courant des rotors est envoyé dans les résistances métalliques R, placées dans des caisses à parois ventilées formant l'extérieur des panneaux. Les parties noires des pan-

neaux de la figure 41, sous les fenêtres, portent les fentes permettant la circulation d'air refroidissant ces résistances. La tension maxima de ce circuit induit est 650 volts.

Moteurs. — Les moteurs sont entièrement clos. Un excès de température de 75° C sur la température de l'air ambiant n'est pas atteint en seize heures de service à 250 *ch* et on peut admettre le travail de 750 *ch* pendant vingt minutes de marche dans l'air renouvelé. Le poids des moteurs est de 5 000 *kg* par moteur. Ce poids comprend les essieux et les enveloppes. Il est élevé, mais justifié par les performances de refroidissement obtenues. Les recherches faites lors de l'étude de ces moteurs ont permis de constater qu'il était possible de construire des moteurs beaucoup plus petits, transmettant par engrenages les forces de 125 *ch*, à une vitesse de 25 *m* par seconde à la périphérie de l'engrenage.

Ce résultat est important à d'autres points de vue pour la construction future des moteurs de trains à très grande vitesse. Les engrenages employés dans ces essais étaient graissés par injection d'huile émulsionnée par un jet d'air sous pression.

Manœuvre de train. — La manœuvre du train est tout entière commandée dans les cabines B par une série de controllers C. En principe, le conducteur ne manie que des appareils à air comprimé faisant fonctionner les interrupteurs, commutateurs de couplage, résistance et freins. La manœuvre de la voiture Siemens permet de mettre en jeu deux, trois ou quatre moteurs à volonté. Dans le cas de trois ou quatre moteurs, le couplage en étoile ou en triangle peut être choisi. Le machiniste, à part l'usage des résistances, a donc à sa disposition cinq puissances différentes, correspondant à des efforts aux crochets compris entre 1 500 *kg* et 3 840 *kg*, avec toute la résistance et entre 2 700 *kg* et 5 000 *kg*, lorsque les résistances sont supprimées.

Cet exemple sert de démonstration complémentaire à notre exposé sur la possibilité du réglage précis de la vitesse et de la puissance des moteurs polyphasés tout en conservant un rendement favorable.

Résultats des essais de Zossen.

Partie électrique. — A part quelques accrocs insignifiants, toute la partie électrique des voitures a fonctionné parfaitement à la vitesse de 160 *km*, et les essais de Zossen ont démontré avec force

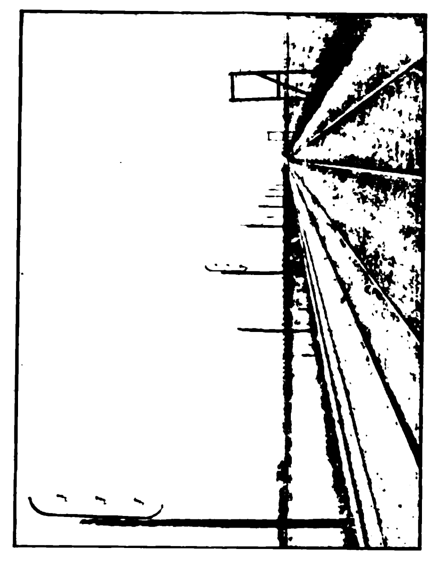


Fig. 37. — Voie de Zossen-Marienfeld. Essais à 160 *km*.

Fig. 36. — Vue intérieure de l'automotrice voiture-salon. Lecco-Sondrio-Chiavenna.

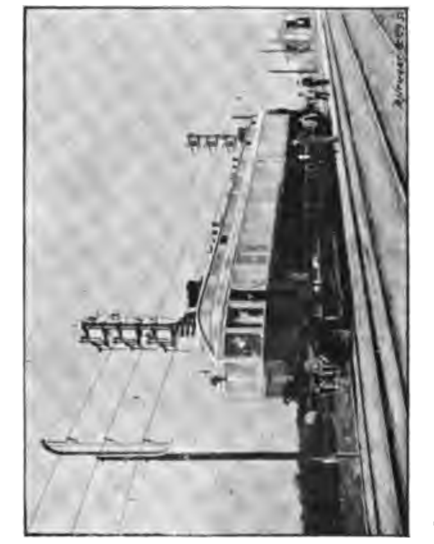


Fig. 41. — Voiture Siemens Halske à grande vitesse.

que les électrotechniciens pouvaient calculer et projeter leurs essais à l'avance avec une rigueur mathématique. Le problème du réglage des moteurs et celui de la prise du courant de milliers de chevaux à une ligne aérienne sont résolus. Honneur en soit rendu à nos confrères Allemands.

Partie économique. — Si le problème des grandes vitesses a des solutions prêtes au point de vue électrotechnique, il n'en est pas de même du côté économique de la question.

Y a-t-il une relation entre le produit des trains à grandes vitesses et les dépenses à résulter de cette vitesse, d'abord au point de vue de la consommation directe de force motrice, ensuite au point de vue des frais d'établissement de la voie à infrastructure spéciale ou tout au moins indépendante? L'expérience seule peut nous éclairer sur ce point. Bien téméraire serait celui qui répondrait à cette question. Nous ignorons si les nécessités de la vie commerciale de demain n'exigeront pas impérieusement que nous puissions aller et venir de Paris à Bruxelles en une matinée et de Paris à Berlin et retour en un jour. Certes, que de gens sensés de l'époque n'ont pas applaudi en leur temps à la prudence de M. Thiers, le grand homme d'État francais, combattant l'établissement des chemins de fer à la tribune française, en raison du petit trafic insuffisant pour faire préférer les routes de fer aux routes nationales, en raison du prix énorme du mode nouveau de transport, des frais et des dangers.

On était loin de se douter à cette époque des besoins de déplacement de la génération suivante et des révolutions économiques et morales, entraînées pacifiquement par la fièvre des échanges d'idées, de paroles et de choses qui se font par les chemins de fer, le télégraphe et le téléphone.

Ce développement, ces conditions économiques, leur essor sont à nouveau des inconnues. Nous penchons à croire que la génération prochaine ne s'étonnera pas de payer *à leur prix*, les trajets à grandes vitesses et qu'elle sera reconnaissante à la génération actuelle d'Ingénieurs, des recherches brillantes qui leur sont dues et qui auront permis la réalisation électrotechnique et mécanique du problème.

Partie mécanique. — Tout autre sont nos conclusions en ce qui touche aux problèmes de génie civil et de mécanique en matière de grande vitesse. On a arrêté les essais à 160 *km* sans oser passer au régime de 220 *km*, à cause de la faiblesse de la voie et

à cause du gauchissement des rails. L'infrastructure des voies à grande vitesse est à chercher. Les ponts devront être formes de masses bétonnées peu déformables, susceptibles de résister aux chocs violents causés par le passage des trains torpilleurs ; les ouvrages métalliques seront calculés en tenant compte des sollicitations imprévues résultant des vibrations ; les caisses et les carcasses des voitures deviendront des solides combinés avec le soin apporté à l'étude d'une grande pièce de machine Bref, tout est à étudier en cette matière, et le problème électrique résolu est tout petit en regard des multiples problèmes d'ordre mécanique à résoudre pour réaliser l'infrastructure et le matériel roulant des trains à grande vitesse.

Toutefois, il est permis de regretter qu'une voie solide, d'un type robuste et lourd, semblable à celui de nos voies à grand trafic belges et françaises actuelles, armées du rail lourd à éclisses renforcées, n'ait pas été employée à Zossen ; les essais électriques eussent pu continuer sans interruption et la question de l'infrastructure pour les grandes vitesses auraient déjà fait, depuis octobre 1901, un pas plus décisif vers des solutions définitives.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Nous nous sommes proposé, dès le début de cet exposé, de mettre en relief les causes qui rendent inévitable la substitution de l'électricité à la vapeur, comme agent de traction sur les voies de chemin de fer, et de montrer les diverses phases qui caractériseront les systèmes actuels de traction.

Évidemment la transformation du matériel de traction ne peut s'opérer d'un seul coup sur tous les chemins de fer existants et encore moins s'étendre en un tour de main à tous les réseaux. La question touche à trop d'intérêts divers, et de trop forts capitaux sont engagés dans les entreprises actuelles, pour que l'on puisse aller si vite. Nous estimons qu'il nous suffit de constater que cette substitution est possible au point de vue technique, qu'elle est avantageuse au point de vue de l'exploitation, et que l'on s'efforcera de réaliser cette transformation aussi rapidement que le permettront les circonstances : c'est ce que démontrent irréfutablement les résultats obtenus jusqu'ici en matière de chemins de fer à vitesse de 120 *km* maxima.

Le lecteur aura sans doute déjà déduit de lui-même, des élé-

ments d'appréciation que nous lui avons soumis, les conclusions auxquelles nous voulons arriver.

Dès maintenant, nous pouvons affirmer que le problème de l'application de l'électricité à la traction dans le domaine des chemins de fer est techniquement et économiquement résolu, *en ce qui concerne les vitesses ordinaires*; c'est-à-dire, les vitesses inférieures à 120 *km* à l'heure. Certes de grands progrès sont encore possibles dans cette application qui se fera de diverses façons suivant le cas, parce qu'il faudra tenir compte de circonstances locales et des conditions particulières dans lesquelles se trouveront les chemins de fer à modifier ou à créer.

La solution du même problème n'est pas aussi avancée en ce qui concerne les extra-vitesses, non pas au point de vue électrotechnique, auquel nous nous sommes placés en développant notre sujet, mais bien à un point de vue plus général. En effet, les électriciens sont prêts pour la réalisation pratique des extra-vitesses. Leur conviction est faite sur le système de traction à employer; les expériences sont concluantes. Mais il reste encore à mettre les techniciens d'accord sur la question de l'infrastructure; il reste à choisir entre la voie monorail, la voie birail et la voie à rails multiples. Enfin, au point de vue spécial de la grande vitesse, certains détails de construction, et, par-dessus tout, la question économique, restent soumises à l'expérience. Tout fait prévoir que les grandes entreprises en cours d'exécution en Allemagne, en Angleterre et en Amérique, apporteront, à bref délai, une solution à ces problèmes distincts, mais dépendants les uns des autres.

Quoi qu'il en soit, nous pouvons, dès à présent, prédire, eu égard aux différents avantages spéciaux que présente l'électricité, l'ordre dans lequel se fera la substitution de l'électricité à la vapeur : ce sont, d'abord et avant tous autres, les chemins de fer métropolitains, après les tramways urbains, avec lesquels ils ont beaucoup d'analogie sous le rapport de la fréquence des arrêts et, par suite, de la puissance qu'ils exigent des engins de démarrage, qui adopteront l'électricité comme agent-moteur.

Viendront ensuite les chemins de fer interurbains reliant de grands centres populeux très actifs et peu distants. C'est le cas des villes de Bruxelles et Anvers par exemple, pour lesquelles un chemin de fer électrique ordinaire, aboutissant aux centres des agglomérations, admettant une vitesse maxima de 120 *km* à l'heure, mais exploité comme un simple tramway, tout en conservant une

vitesse commerciale très élevée, rendrait d'immenses services.

Point n'est besoin, pour ceux-là, de longues études : les modèles abondent.

Ces chemins de fer interurbains, qui constituent, en somme, un cas spécial, seront suivis tout aussitôt par les chemins de fer de banlieue, à arrêts multiples, puis par les vicinaux à longs parcours, à longs réseaux, et à service très variable que l'on peut équiper à bon marché et grouper facilement en les desservant par une centrale unique et économique, grâce à l'emploi de courants polyphasés à haute tension.

A un point de vue plus spécial, l'électricité s'appliquera, en permettant de réaliser une économie considérable, aux manœuvres de gares qui coûtent beaucoup en personnel, en matériel et en combustible consommé, à cause de leur caractère intermittent.

On pourrait croire, et cela bien à tort, que les trains de marchandises sont destinés à n'être remorqués par l'électricité que dans un avenir très éloigné ; il est vrai, en effet, que la locomotive à marchandises, en raison de sa marche lente et de son fonctionnement régulier, possède une supériorité économique incontestable sur la locomotive à voyageurs, et par conséquent qu'elle puisse mieux lutter économiquement contre la locomotive électrique. Mais il est non moins vrai qu'une centrale d'électricité a un rendement d'autant plus élevé que sa charge est plus régulière. Dès lors, des stations génératrices étant établies pour la traction électrique des trains de voyageurs à service intense le jour, il y aura de sérieuses raisons d'appliquer l'électricité à la remorque des trains de marchandises également, puisque ceux-ci circulant la nuit, alors que le service des voyageurs est peu intense, ce service aidera à maintenir le débit de la Centrale plus régulier en la faisant débiter la nuit et en rendant d'autant plus économique sa production générale.

C'est, pensons-nous, aux grands trains internationaux, atteignant des vitesses voisines de 200 *km* à l'heure, que l'on fera, en tout dernier lieu, l'application de l'électricité comme agent-moteur, tout au moins dans nos régions.

Un vaste champ d'études et d'expériences reste ouvert aux électriciens et aux techniciens du génie civil pour cette dernière application. C'est la seule qui, techniquement parlant, ne puisse encore être réalisée immédiatement. C'est la seule question aussi pour laquelle le côté économique soit une inconnue engagée dans des équations actuellement imprécises.

Avantages indirects des applications de l'électricité aux transports.

Nous avons pu admirer à différentes reprises les conditions exceptionnelles de confort, de propreté et de facilité de manœuvre, du matériel électrique; nous en avons établi la supériorité économique. Ce système a d'autres avantages d'ordre plus général moins directs, mais non moins importants, qui intéressent, au plus au point, le public par leur grande portée économique, et qui constituent, par là même, de nouvelles causes déterminantes de l'évolution des chemins de fer, dans le sens de la traction électrique.

En permettant des démarrages rapides et par conséquent des arrêts fréquents, l'électricité contribuera dans une mesure énorme à la multiplicité et au bon marché des communications. Elle permettra ainsi aux ouvriers et aux employés, que leurs occupations journalières appellent chaque jour dans les villes, d'élire domicile en dehors de ces villes dans des conditions de confort, de salubrité et d'économie qu'ils ne connaissaient pas jusqu'ici.

Nous avons suffisamment démontré, pensons-nous, que l'électricité sera appliquée à la traction sur chemin de fer sous forme de courants triphasés, du moins en ce qui concerne les lignes de distribution. L'importance de ce fait n'est pas moins considérable. En effet, les courants alternatifs à haute tension et tout spécialement les courants polyphasés, permettent de transporter économiquement l'énergie à longue distance en la divisant à l'infini. Leur application généralisée amènera une véritable révolution dans la petite industrie qui tendra à essaimer de plus en plus au dehors des villes. Le bon marché de l'électricité mettra à la portée des artisans de toute catégorie un outillage mécanique nouveau.

La fabrication de produits actuellement dépréciés en sera considérablement améliorée en même temps que leur prix de revient s'abaissera dans de sérieuses proportions.

A ce propos il est bon de ne pas confondre le développement certain de la petite industrie à la campagne avec le relèvement de l'atelier de famille que l'on essaye, dans un but louable sans doute, de faire revivre, mais qui tend fatalement à disparaître pour des raisons évolutives de divers ordres.

Cette diffusion de l'énergie à bon marché, aura comme conséquence, non une régression vers la primitive industrie familiale, mais bien un progrès par le machinisme introduit dans certaines industries locales et, notamment, dans les exploitations agricoles trop morcelées ou trop faibles jusqu'ici pour adopter la machine.

Les grandes industries contribueront à ces progrès en même temps qu'elles en profiteront. Dans cet ordre d'idées deux grandes industries sont placées en premier rang après l'industrie des chemins de fer : ce sont l'industrie du transport sur les voies navigables et l'industrie minière, l'une et l'autre demanderont également la création de grandes stations centrales produisant l'électricité, d'autant plus économiquement qu'elles seront plus importantes et chargées plus uniformément.

Nous pouvons aisément concevoir de puissantes centrales rayonnant dans tous les sens l'énergie électrique utilisée aussi bien pour l'éclairage que pour la force motrice et alimentant toutes ces industries grandes et petites dont les besoins variables régularisent en se compensant le débit d'une Centrale. Ces usines sont de véritables coopératives électriques.

Ce sont là les conséquences lointaines et indirectes de l'adoption de l'électricité en matière de transport, et encore qu'elles soient importantes, elles paraîtront de faible intérêt à côté des conséquences directes de l'adoption de la traction électrique, conséquences considérables et tangibles même pour les esprits les plus indifférents.

Célérité, confort, fréquence de trains au moment voulu, transformation du matériel et des usages de l'exploitation, extension rapide de l'exode des citadins vers l'extérieur des agglomérations, enfin et surtout économie d'exploitation et réduction des tarifs, telles sont les conséquences d'une évolution qui imprimera une marque éclatante et impérissable à la fin du XIX[e] siècle, par des progrès ayant la plus salutaire répercussion sur l'ensemble de notre vie économique (1).

(1) Cette conférence, donnée à Paris le 7 février à la Société des Ingénieurs Civils de France, a été donnée à Bruxelles le 29 janvier 1902 devant la Société des Ingénieurs et Industriels et la Société belge d'Électriciens dans une séance honorée de la présence de S. A. R. Mgr le Prince Albert de Belgique. Elle sera publiée en Belgique dans le fascicule d'avril du *Bulletin de la Société belge d'Électriciens* et dans le fascicule de juin des *Annales des Travaux publics de Belgique*, tome VII, troisième fascicule.

BIBLIOGRAPHIE

Publications collectives, Rapports, Documents et Statistiques sans noms d'auteurs :

Chemin de fer à grande vitesse de Düsseldorf à Crefeld (Verein Deutscher Strassenbahn und Kleinbahn Verwaltung in Elberfeld 1899 et aussi Street Railway Journal, t. XV, p. 253).

Report on the high speed Railway New-York-Port Chester (The P. N. Y. Railway Hearings) Str. Rail. Jal, déc. 1901 et janvier 1902, p. 45 et suiv.).

Chemins de fer de l'État belge. Compte rendu des opérations pendant l'année 1900. Rapport présenté aux Chambres législatives.

Description des lignes interurbaines de l'Indiana (Features of Union Traction C° Westinghouse) (Str. Rail. Jal, décembre 1901, p. 508 et suiv. et p. 535 et suiv.).

Reports on Electric traction Convention of Electrical Engineers at New-York in 1901 (American Inst. E. E., 1901).

Métropolitain de Berlin (Berlin Elevated Railway) (Str. Rail. Jal, octobre 1900).

Some Elevated Railway problems and Results (Str. Rail. Jal, déc. 1898, vol. XIV).

Wannseebahn u. Schwebebahn (Glaser's Annalen für Bauwesen, décembre 1900, p. 223).

Publications et Ouvrages classés par noms d'auteurs :

Bancroft (F.). — *Comparaison of the various system of distribution for Electric Railway* (Str. Rail. Jal, New-York, 1900, p. 924).

Bonnefond (F.). — *Les forces motrices du haut Rhône* (Bull. Ing. Civ. de France, août 1900, p. 249).

Blood (B.). — *Train résistance* (Str. Rail. Jal, mars 1899, vol. XV, n° 3).

Bell (L.). — *Electric Power Transmission* (New-York, 1999, E. W. Eng., 1 vol.).

— *Polyphase Railway apparatus and methods* (Str. Rail. Jal, octobre 1900).

Blondel et Dubois. — *La traction électrique sur voies ferrées* (Paris, Baudry, 2 vol., 1898)

Bos et Laffargue. — *Distribution d'énergie électrique en Allemagne* (Paris, Masson, 1889).

Behr (F.-B.). — *Le monorail Liverpool-Manchester* (Ann. Trav. publics belges, Bruxelles, 1902).

Bernard (Carl). — *Bahnkörper der Schwebebahn* (Zeits. des Vereines Deutscher Inge nieure Band XLIV).

Boynton (E.). — *Notes on Electric Traction under Steam Railroads Conditions* (American Inst. E. E. New-York, février 28, 1900).

Burlet (C. de). — *Chauffage des voitures.* Congrès international des Tramways (Paris, 1900).

Cserhati (E.). — *Traction électrique et traction à vapeur* (Éclair. élec., Paris, 1901, n° 30).

Bousquet (du). — *Considérations sur la locomotive à vapeur* (Bull. Ing. Civils de France, séance du 5 janvier 1894).

Desdouits. — *Expériences exécutées sur les chemins de fer de l'État* (Rev. gén. des chemins de fer, mai 1900).

Delmas (M.). — *Les transports en commun à Paris* (Bull. Ing. Civ. de France, décembre 1900, p. 705).

Bast (de). — *Installations de tramways électriques* (Bull. Ing. Inst. Montefiore mars 1896).

Dolezaleck. — *Der Schnellwerkehr u. die Schwebebahnen* (Fortschrift des Eisenbahnwesens. Neue folge Band XXXVIII. Heft 5, 1901).

Ferraris et Arno. — *Metodo nuovo per la trazione elettrica per mezzo di correnti alternativi* (Torino, 1896).

Geron (H.). — *Joints et rails pour voies de tramways électriques* (Verein Deutscher Strassen-u. Kleinbahn. Verwaltung Elberfeld, 1899).

Gérard (Ernest). — *Origines de la traction électrique* (Bull. Soc. belge d'élect., 1896).

— *Traité d'électrotraction* (Bruxelles, 1897, 1 vol., Weissenbruch).

— *Essais de traction électrique aux chemins de fer de l'État belge* (Bull. Soc. belge d'élect., t. XVIII, 1901, p. 92).

— *Quelques installations récentes de chemins de fer électriques* (Bull. Soc. belge d'élect., t. XVIII, 1901, p. 345).

Gérard (Éric) et Henrard. — *Traction par courants polyphasés* (Bull. Soc. Ing. Inst. Montefiore, janvier 1896).

Gérard (Éric). — *Traction électrique* (Extrait des cours de l'Inst. Montefiore. Paris, Gauthier-Villars, 1900).

Gerard (Léon). — *La traction tangentielle* (Bull. Soc. belge d'élect., t. XVIII, 1901. p. 54).

— *Notes et expériences sur la traction électrique* (Bull. Soc. belge d'élect., t. XVIII, 1901, p. 24 et 73).

— *On electric haulage* (Casiers's Magazine London, vol. XIX, 1901, p. 417).

— *Station centrale polyphasée de Roux* (Bull. Soc. belge d'élect., t. XVIII, décembre 1901).

Heft (E.). — *Locomotives électriques* (Rap. Congrès intern. chem. de fer, Paris, 1900).

Harding. — *Three phase transmission on the Union Railroad (syst. Westinghouse)* (Str. Rail. J[al], vol. XVI, n° 10, avril, p. 294).

Javaux (E.). — *Usines électriques du chemin de fer du Fayet à Chamonix* (Bull. Ing. Civ. de France, 1901, octobre, p. 662).

Ludorf (C.). — *Die Schwebebahn Bauwesen-Elberfeld* (Elekt. tech. Zeitschrift, Heft 26, 1901).

Lasche. — *Trials on electric Railways* (British Ass. Elect. Eng. Glascow, 1901.

Leitzmann. — *Versuche mit viercylindringen Locomotiven* (Zeitsch. des Vereines Deutscher Ingenieure, 1899).

Martin (H.). — *Le chemin de fer de la Jungfrau* (Génie Civil de Paris, 1899).

Molesworth. — *The Jungfrau Railway* (New-York, 1900).

Prevost (L.). — *La locomotive à grande vitesse* (Bull. Ing. Civ. de France, 1900, septembre, p. 330).

Pio (Cesare). — *Ligne électrique de l'Union de Berlin-Naples-Aversa-Caivano* (Str. Rail. J[al], t. XVIII, avril 1901, p. 79).

Pegram (Geo.). — *Electric équipement of the Manhattan Elevated Railway* (Str. Rail. J[al], 1901, n° 1).

Potter (W.-B.). — *Elektrischen Locomotiven* (Glaser's Annalen für Bauwesen, 1900).

— *Essays on electric Traction Engineering* (New-York, 1897, 1 vol.).

Pforr (D.). — *Die elektrischen Locomotiven der Paris-Orleans Bahn* (Glaser's Annalen für Bauwesen, vol. 49, 1901).

— *Der elektrische Betrub auf den Mailänder Vortorbahnen* (Glaser's Annalen, vol. L, 1902).

Parker (Lec). — *Some experience with the electric Locomotive at Baltimore* (Str. Rail. J[al], mars 1896.

PÉRISSÉ et GODFERNAUX. — *Traction mécanique sur rails* (Bull. Ing. Civ. de France, janvier et mars, p. 1 et 317, 1900).

ROCHAT (Ch.). — *Three phase Electric Railways in Switzerland (Burgdorf-Thun)* (Str. Rail. J[el], New-York, décembre 1899, p. 853).

RUPP (D[r] Prof[r]). — *Das Electricitätswerk an der Kander (Spiez)* (Elek. tech. Zeitschrift, 1900. Heft 44).

REICHEL (W.). — *Electrische Schnellbahnen* (Elekt. tech. Zeitschrift, 1901. Heft 34-37-38-41).

REYVAL. — *Voiture A. E. G. à grande vitesse essayée à Zossen* (Éclair. élect. Paris, t. XXX, 1902).

STEVART. — *La locomotive* (Revue universelle des mines, t. XL, octobre 1897),

SALOMON. — *Sur le matériel roulant de l'Est français* (discours inaugural) (Bull. Ing. de France, avril 1902).

STRUB. — *Jungfrau Bahn* (Schweiz-Bauzeitung, juillet 1897).

SEMENZA (G.). — *Description de la ligne électrique de Milan-Monza* (Str. Rail. J[al]. décembre 1901).

SPRAGUE (F.). — *Rapid transit* (Str. Rail. J[al], New-York, vol. X, n° 5, 1899, mai).

— *Problem of transportation* (Str. Rail. J[el], New-York, vol. V, n° 7, 1899, juin).

— *The Sprague multiple unit system* (Str. Rail. J[al], New-Vork, vol. XVII. n° 5, 1901, mai).

TREMONTANI (V.). — *La traction électrique sur le chemin de fer Milan-Gallarate-Varèse* (Milan, 1900).

VAN VLOTEN. — *Le meilleur système de distribution de l'électricité pour les tramways et chemins de fer électriques* (Rapport au Congrès international, Paris, 1900).

VON KANDO. — *Traction électrique par courants triphasés sur lignes interurbaines* (Éclair. élect. de Paris, 1901, n° 19).

ZANDER (E.). — *Serien Zuzats Maschinen* (Elek. tech. Zeitschrift, août 1896).

ZIFFER (E. A.). — *Electric Railway Practice in Austria-Hungria* (Str. Rail. J[al], New-York, vol. XV, octobre 1899).

ZIPPERNOWSKI. — *Interurbanen Schnellwerkehren* (Elekt. tech. Zeitschrift, octobre 1901),

ZUMACH (R.). — *Étude sur les chemins de fer à trafic rapide* (Liège-Desoer, 1901).

CHRONIQUE

N° 268.

Sommaire. — Emploi du combustible liquide dans la navigation. — La distribution Walschaerts. — Utilisation des ordures ménagères. — Production du mercure dans le monde. — Extraction du charbon du bassin de Dombrowa.

Emploi du combustible liquide dans la navigation. — Parmi les communications présentées à *l'Institution of Naval Architects* dans sa dernière session, s'en trouve une des plus intéressantes, due à sir Fortescue Flannery, et qui a pour sujet l'emploi du combustible liquide dans la navigation.

L'auteur expose que l'usage de l'huile minérale comme combustible remonte à 1870, sur les vapeurs de la mer Caspienne et du Volga et est adopté aujourd'hui sur 200 navires naviguant sur la première et sur autant pour le second. Mais le fait que ces bateaux font leur service en eau douce et que, par conséquent, il n'y a pas d'inconvénient à se servir de la vapeur comme agent de pulvérisation du pétrole, doit être pris en considération. De plus, la loi russe s'oppose à l'exportation des combustibles liquides à point d'inflammation peu élevé, et les transports intérieurs étaient, jusqu'à une époque récente, assez difficiles, aussi s'explique-t-on pourquoi une pratique, qui avait si bien réussi sur les points indiqués plus haut, ne s'est pas répandue, surtout pour des considérations d'un ordre purement commercial. La découverte récente de gisements d'huile minérale très riches, d'abord à Bornéo et en Birmanie, puis ensuite dans la Californie et dans le Texas, a changé cet état de choses.

Du moment où on pouvait compter sur des approvisionnements faciles de combustible liquide, les principaux intéressés, savoir les Amirautés, les grandes Compagnies de navigation, les armateurs, les ingénieurs des constructions navales, etc., ont dû se préoccuper immédiatement de la question. L'amirauté anglaise a prescrit des essais, non seulement sur des destroyers, mais aussi sur trois croiseurs et un cuirassé. En Italie, le Ministère de la Marine s'était déjà préoccupé de la matière, avant que la question des approvisionnements n'eût été résolue. La marine allemande emploie depuis plusieurs mois le combustible liquide sur les navires de la station de Chine. La Compagnie Hambourgeoise-Américaine a installé quatre navires en vue de l'usage de l'huile, et le Lloyd de l'Allemagne du Nord, deux navires. La marine hollandaise a muni deux destroyers d'appareils à brûler le pétrole conjointement avec le charbon, et les paquebots hollandais qui font le service des Indes Orientales et de la Chine brûlent couramment ce combustible. Des armateurs danois ont commandé à des chantiers allemands deux vapeurs pour l'usage du pétrole; enfin, une vingtaine de navires, sous pavillon anglais, s'en servent régulièrement, sans compter une douzaine d'autres actuellement en construction, qui seront équipés avec des appareils de ce genre.

Approvisionnements. — On peut déjà ou on pourra très prochainement se procurer couramment du combustible liquide dans les ports suivants : Londres, Singapore, Hong-Kong, Madras, Colombo, Suez, Hambourg, Port-Arthur, Rangoon, Calcutta, Bombay, Alexandrie, Bankok, Saïgon, Penang, Batavia, Surabaya, Amoy, Swatow, Fuchow, Shanghai, Hankow, Sydney, Melbourne, Adelaïde, Zanzibar, Mombassa, Yokohama, Kobo et Nagasaki ; on propose des installations dans les ports de l'Afrique du Sud et de l'Amérique du Sud.

On peut admettre que les stations à l'est du canal de Suez seront alimentées par Bornéo et Rangoon et celles à l'ouest du canal, par la Californie et le Texas ; les stations de l'Afrique du Sud pourront indifféremment s'approvisionner aux deux sources ; quant aux ports de l'Amérique du Sud, les gisements du Texas et de la Californie paraissent tout indiqués pour leur alimentation.

Composition chimique. — L'auteur ne se propose pas d'étudier ici la composition du combustible liquide, mais il croit devoir indiquer ce qu'on entend par cette expression. Le liquide sortant du puits donne cinq produits distincts : de l'essence (naphte ou benzine), de la kerosène ou huile lampante, de l'huile solaire, de l'astatki ou résidu et de l'eau. Les trois premiers produits ont trop de valeur pour être employés comme combustible, à un prix comparable à celui du charbon, mais les résidus qui consistent en un liquide de consistance sirupeuse, fournissent, s'ils sont convenablement purgés d'eau et de quelques impuretés, un combustible excellent, dont la composition chimique est : carbone, 88 0/0, hydrogène, 10,75 et oxygène 1,25.

Les matières les plus nuisibles qui puissent être contenues dans le liquide, sont l'eau et le soufre. Les inconvénients de l'eau se comprennent facilement, quant au soufre, s'il est libre, il a une action fâcheuse sur le fer et le cuivre des foyers. On trouve rarement, aujourd'hui, ces deux impuretés dans les huiles de chauffage, mais on doit cependant se préoccuper des moyens de séparer mécaniquement l'eau, ne fût-ce que celle qui provient des water-ballast.

La question de sécurité et celle du point d'inflammation ont une extrême importance. L'Amirauté anglaise exige une température d'inflammation de 130° C., le Lloyd une de 93°. En Allemagne, on considère comme présentant une sécurité suffisante un liquide qui s'enflamme à 65°. On a pendant quatre années employé, sans accident, sur des navires anglais et hollandais, des huiles à températures d'inflammation assez basses. Il n'y a pas avantage à fixer des températures plus basses qu'il n'est absolument nécessaire. parce que les huiles, trop complètement dépouillées des éléments volatils, ont une consistance visqueuse qui les rend plus difficiles à pulvériser et la distillation prolongée les rend nécessairement plus coûteuses.

Avantages et inconvénients pour les bâtiments de guerre. — Le problème de l'établissement d'un navire de guerre consiste dans une combinaison en proportions convenables de divers éléments, savoir : la vitesse, l'armement offensif et défensif, le rayon d'action, le déplacement, etc. ; toute réduction de poids dans un des éléments constitutifs de la puis-

sance du navire sans atténuation de la valeur de l'élément est à rechercher. On peut poser en principe que 2 *t* de combustible liquide équivalent à 3 *t* de charbon et que 36 pieds cubes du premier équivalent à 67 pieds cubes du second, soit 1 m^3 au lieu de 1,9, il en résulte que, toutes choses égales, d'ailleurs, le rayon d'action se trouve, par le seul changement de combustible, augmenté de 50 0/0, si on considère le poids et de 90 0/0 si on considère le volume occupé.

L'avantage de la protection fournie par le charbon pour les croiseurs est réel, et il n'existe plus avec le combustible liquide, qui est logé entièrement sous la flottaison; on utilise pour l'emmagasiner les doubles fonds et espaces analogues et l'emplacement des soutes peut être employé à d'autres usages.

L'équipage peut être réduit dans une large proportion. L'élément chauffeur disparaît presque entièrement, il se réduit à quelques hommes qui, sous la surveillance des mécaniciens, soignent les brûleurs. On économise les logements, les vivres et les salaires du personnel supprimé. On aura moins d'hommes à recruter et à exercer, sans réduction aucune dans la puissance maritime offensive et défensive d'un pays.

Le renouvellement des approvisionnements de combustible à la mer est un problème très délicat avec le charbon, tandis qu'il est très simple à résoudre avec le combustible liquide; on peut aisément transborder d'un navire pétrolier dans les réservoirs d'un steamer 300 *t* à l'heure par un temps ordinaire.

Diverses parties des façades des chaudières et les tôles de parquets, qui actuellement se corrodent avec une extrême rapidité par l'effet des cendres qu'on arrose avant de les jeter à la mer, seraient préservées par l'usage du combustible liquide, ainsi que les tôles des parois des soutes à charbon, qui ont si peu de durée avec le système actuel.

L'huile, brûlée dans des foyers convenablement disposés avec une dose convenable d'attention de la part du personnel, ne donne pas de fumée. Sous ce rapport elle peut entrer en parallèle avec le charbon de Galles et est très supérieure aux autres charbons en usage courant.

Le combustible liquide ne coûte pas plus dans l'Extrême-Orient que le charbon de Galles, si on ajoute au prix de ce dernier au port d'embarquement, les frais de transport et les droits du canal de Suez.

Le rendement en vapeur exigé des chaudières des destroyers est plus élevé que celui qu'on demande aux générateurs des autres types de bâtiments de guerre et on a éprouvé certaines difficultés à brûler assez d'huile dans ces chaudières pour obtenir le même rendement qu'avec le charbon à tirage forcé. La question de l'économie de combustible à toute puissance est peu importante pour les destroyers, mais celle de la production maxima de puissance est très sérieuse et des expériences en cours d'exécution amèneront probablement la solution du problème, d'une manière analogue à ce qui a été fait au Great Eastern Railway, grâce aux recherches de M. Holden.

MM. Yarrow ont obtenu des résultats très encourageants sur deux torpilleurs construits par eux pour la marine néerlandaise. Leur méthode consiste à réaliser la vitesse maxima avec du charbon dans les conditions usuelles du tirage forcé et alors d'injecter du pétrole dans les foyers

sur le charbon de manière à fournir un supplément de calorique tout en laissant la surface entière de la grille utilisable pour la combustion du charbon. On arrive ainsi à accroître d'un nœud la vitesse du bateau. MM. Thornycroft, dans des essais récents, sont arrivés à obtenir 18,95 de vapeur pour 1 de combustible liquide.

Il n'y a pas de contestation sur la rapidité de mise en pression obtenue avec l'huile et la conservation du liquide avec toutes ses qualités, pendant un laps de temps quelconque, paraît hors de doute.

Avantages et inconvénients pour la marine marchande. — Les conditions à remplir par ce combustible ne sont pas absolument les mêmes pour la marine marchande que pour la marine de guerre; la question du prix, notamment, n'a pas la même importance dans les deux cas; pour la marine de commerce elle est capitale. Tant que les ressources en combustible liquide ont été concentrées dans les mers orientales, il paraissait impossible de voir ce combustible venir lutter avec le charbon à l'ouest du canal de Suez, de sorte que la mer Rouge semblait être la limite du domaine de l'huile.

La découverte de gisements importants au Texas, et l'initiative hardie de Sir Marcus Samuel qui a organisé une flotte de vapeurs pétroliers et des dépôts de combustible, a changé la situation et on ne voit plus de raison pour que les mers occidentales ne puissent être approvisionnées également de combustible liquide à des prix proportionnellement comparables à ceux du charbon.

La réduction de la main-d'œuvre de chauffe est considérable bien que le personnel ne doive pas être réduit au-dessous de ce qui est nécessaire pour assurer le service des chaudières en cas d'urgence. On peut généralement remplacer un personnel de 32 hommes, tant chauffeurs que soutiers par un de 8 hommes. On dit que récemment le vapeur « Ferdinand Laeisz », de la Compagnie Hambourgeoise-Américaine, a pu débarquer tous ses chauffeurs à Singapore après avoir acquis suffisamment l'expérience de l'usage de l'huile. Quelques-uns des grands paquebots transatlantiques ont éprouvé quelque difficulté à maintenir avec le temps les vitesses obtenues lorsque le navire était neuf. Ces difficultés ne tiennent ni à des détériorations dans les chaudières et machines, ni à la qualité du charbon, mais seulement à la peine qu'on a à mettre la main-d'œuvre de la chauffe à la hauteur de la puissance maxima de production des chaudières. Avec le combustible liquide, cette difficulté est écartée, la régularité réalisée dans la chauffe est un avantage important et il ne sera pas le seul, car l'économie due à la suppression du personnel correspondant et l'utilisation des emplacements exigés pour son logement se traduisent par un bénéfice très appréciable.

Mais l'avantage le plus sérieux, au point de vue commercial, réside dans l'accroissement de l'espace disponible pour la cargaison.

Si on admet, comme plus haut, le rapport de 2 *t* d'huile pour 3 de charbon, on gagnera 1 000 tonneaux de poids sur un paquebot transatlantique de première classe, plus la totalité du volume des soutes, lequel, sous déduction des parties où la température serait trop élevée, pourrait recevoir des marchandises. On mettra la totalité de l'approvi-

sionnement d'huile dans les doubles fonds, de sorte qu'on pourra gagner un espace de 2800 m^3 utilisable pour le chargement. L'emplacement ainsi gagné sera plus ou moins grand selon la capacité des navires, mais on peut dire d'une manière générale que la substitution de l'huile au charbon permettra d'utiliser au moins 25 0/0 de l'espace occupé par les soutes à charbon au profit du chargement.

On peut citer aussi la propreté des opérations d'approvisionnement de l'huile et le peu de temps nécessaire pour ces opérations en comparaison de ce qui a lieu pour le charbon. Il y a bien quelques inconvénients en regard, notamment en ce qui concerne la distribution de l'huile et son mélange possible d'eau, mais ces difficultés disparaissent peu à peu et on réussit à simplifier les appareils. Ajoutons que les foyers brûlant le pétrole n'ont pas besoin d'être décrassés, ce qui est un gros avantage en évitant les pertes de temps et de vitesse amenées par cette opération en cours de route.

(A suivre.)

La distribution Walschaerts. — M. J. Boulvin, professeur à l'Université de Gand, dont les travaux scientifiques sont bien connus et ont été honorés l'année dernière du prix Plumey de mécanique, décerné par l'Académie des Sciences, vient de publier, dans le numéro de février dernier de la *Revue de Mécanique*, un remarquable article sur « l'histoire de la distribution Walschaerts ».

Dans cette étude, M. Boulvin démontre d'une manière décisive la priorité de l'ingénieur belge qui a proposé sa distribution en 1844, alors que Heusinger de Waldegg, auquel on attribue en Allemagne l'honneur de cette invention, ne l'a fait connaître, de son côté, qu'en 1849.

Cette différence de dates était déjà généralement connue, mais elle ne suffisait pas à trancher la question d'une manière définitive.

Rappelons d'abord que le principe de la distribution dont il s'agit consiste à opérer le mouvement de la tige du tiroir par l'action combinée d'une barre d'excentrique et de la tige du piston, c'est cette dernière qui détermine l'avance du tiroir, l'excentrique ou, d'une manière plus générale, la manivelle qui actionne le tiroir, étant calé à 90° de la manivelle motrice.

Dans l'appareil primitif de Walschaerts, le levier d'avance a la disposition qu'on retrouve dans les distributions actuelles de ce genre, mais la partie produisant le changement de marche et la variation de course du tiroir est formée d'une coulisse courbe à partie centrale évasée, oscillant autour d'un axe placé en son milieu et à laquelle la barre d'excentrique communique un mouvement d'oscillation d'amplitude variable selon la position dans les rainures de la coulisse de boutons terminant la barre. Cette barre porte deux boutons fixés aux extrémités d'une courte traverse venue de forge au bout de cette barre normalement à sa longueur. L'emploi de deux boutons, au lieu d'un seul, a pour objet de réduire l'angle que fait la barre avec le prolongement de l'axe du cylindre dans les positions extrêmes de la marche en avant et de la marche en arrière et de diminuer, par suite, les changements de calage équivalents. Sur l'axe de la coulisse se trouve calé un levier qui transmet, par une bielle, à la tige de tiroir, le mouvement déterminé par la

barre d'excentrique avec plus ou moins d'amplitude, mouvement que vient modifier le levier d'avance.

Telle est la disposition décrite dans le brevet belge du 5 octobre 1844, pris au nom de Fischer, Ingénieur en chef au chemin de fer de l'Etat. et dans le brevet français n° 145, du 25 octobre 1844, pris au nom de Walschaerts, dont on trouvera la description page 232 et planche 53, dans le volume I, année 1850, de la publication des brevets faite par le Ministère.

La disposition d'Heusinger de Waldegg, telle qu'elle a été proposée par cet ingénieur. en 1849. et appliquée pour la première fois en 1850 ou 1851, présente l'arrangement actuel de la distribution Walschaerts, avec cette différence que la coulisse est placée entre le levier d'avance et le cylindre et tourne sa convexité vers ce dernier.

On pouvait donc jusqu'ici, en comparant ces deux dispositions, conclure que Walschaerts avait bien inventé le principe d'une distribution réalisant le mouvement du tiroir par l'action combinée d'un excentrique calé à 90° de la manivelle motrice et d'un levier d'avance activé par la tige du piston, mais que Heusinger de Waldegg avait imaginé de disposer l'arrangement sous la forme, ou à très peu près, qu'on rencontre actuellement.

M. Boulvin tranche définitivement et complètement le débat en faveur de Walschaerts en reproduisant un dessin tiré des archives des ateliers de Bruxelles-Midi, portant le titre : « Détente variable, système E. Walschaerts à appliquer à la locomotive n° 91. Bruxelles, 2 septembre 1898 ».

Ce dessin représente la distribution sous la forme que Heusinger de Waldegg a proposée un an au moins plus tard et que nous avons indiquée plus haut. M. Boulvin conclut donc que « le système que Heusinger de Waldegg inventa de son côté en 1849 et qu'il appliqua pour la première fois en 1850-51, ne diffère que par des détails insignifiants de celui représenté par la figure 4 (dessin des archives des ateliers de Bruxelles-Midi daté de 1848) ». Walschaerts avait donc précédé l'Ingénieur allemand de 5 ans si on fait dater l'invention du brevet de 1844, et d'un an au moins si on ne prend en considération que la forme moderne du mécanisme.

Heusinger de Waldegg a toujours revendiqué sa priorité et ses compatriotes l'ont soutenu avec une vivacité dont on jugera par les quelques citations qui suivent.

On trouve d'abord dans l'*Organ* de 1866, page 221, un article portant le titre significatif « Inventions allemandes dans le domaine du matériel roulant de chemins de fer que s'attribuent des Ingénieurs belges ».

Il y est dit que la première locomotive avec distribution Heusinger date de 1851, la seconde de 1852; c'était une machine de travaux qui a été réparée en 1853 chez Cockerill. Cette dernière, ainsi qu'un modèle

(1) Couche semble n'avoir eu connaissance que du brevet belge, car il donne dans son grand ouvrage la figure du brevet en question en indiquant que cette disposition brevetée sous le nom de Fischer paraît due à M. Walschaerts.

de la distribution exposé à Munich en 1854, à l'Exposition générale de l'industrie allemande, portaient une plaque avec l'inscription : « Edmond Heusinger von Waldegg, à Castel, près Mayence ». Il est dit sans détours que c'est chez Cockerill que Walschaerts a eu occasion de voir la distribution en question dont il s'appropria l'invention. M. Walschaerts, est-il dit, ne peut en rien excuser son plagiat et des pillages de ce genre doivent être signalés à la réprobation publique !

Dans un ouvrage fort remarquable publié en 1875, intitulé « Die Locomotive der Gegenwart », l'auteur, Alphonse Petzholdt dit, page 161 :

« La distribution de Heusinger de Waldegg est connue en Belgique sous le nom de Walschaerts parce qu'un Ingénieur de ce nom l'y a fait breveter en s'appropriant l'invention. Nous trouvons dans ce fait un nouvel exemple du peu d'efficacité des conventions internationales des patentes pour la protection du droit de priorité. »

Enfin on trouve dans le grand ouvrage de Heusinger de Waldegg, « Handbuch für specielle Eisenbahn Teknik », publié en 1875, à la page 463 du 3e volume le passage suivant, de la main, d'ailleurs, de cet ingénieur : « Le mécanisme de distribution de Heusinger de Waldegg porte en Belgique le nom de système Walschaerts, parce que M. Walschaerts l'y a fait breveter. Tout au plus dit on quelquefois Heusinger-Walschaerts. L'Ingénieur belge avait eu l'occasion de voir aux ateliers Cockerill cette distribution appliquée sur une petite locomotive employée aux travaux du port de Liége, et en réparation dans ces ateliers pour des avaries à la chaudière ».

A la page 465 du même volume il est dit : « La distribution de Heusinger de Waldegg, étudiée en 1849, a été appliquée pour la première fois en 1850, sur une locomotive-tender construite dans les ateliers de chemin de fer du Taunus. Elle a été ensuite appliquée sous une forme un peu différente à une ancienne machine de Sharp appartenant à la même Compagnie ».

Nous sommes persuadé de la bonne foi d'Heusinger de Waldegg dans ce débat, aussi nous paraît-il d'autant plus regrettable qu'avant de lancer contre un collègue des accusations aussi nettement formulées, il n'ait pas eu l'idée de s'assurer de la date du brevet de Walschaerts, qui était antérieur de cinq ans à son invention.

M. Boulvin dit, dans sa note, que bien que la vérité ait été rétablie par une correspondance échangée en 1875 entre M. Urban, directeur du Chemin de fer du Grand Central Belge et Heusinger de Waldegg, elle est loin d'être universellement connue. En effet, on continue toujours, en Allemagne, à employer l'expression : distribution système Heusinger. On a pu le voir par les notices explicatives données à l'Exposition par les constructeurs allemands de locomotives.

Il nous paraît utile d'appeler ici l'attention sur un point qui présente un certain intérêt. On peut s'étonner de la disposition singulière adoptée par Walschaerts dans son brevet pour la partie de sa distribution destinée à effectuer le changement de la marche et la variation de course du tiroir. M. Boulvin voit, avec raison, dans cet arrangement relative-

ment compliqué, la preuve que l'ingénieur belge n'avait pas connaissance de la coulisse de Stephenson, alors toute nouvelle, puisqu'elle date de 1843, car dans son modèle de 1848, Walschaerts a adopté une coulisse courbe actionnée par la barre d'un excentrique, ce qui représente la forme actuelle donnée à ce mécanisme.

Nous avions eu, depuis longtemps, l'idée que la disposition primitive de l'inventeur devait lui avoir été inspirée par la détente variable de Cabry, datant de 1841 et employée au chemin de fer de l'État belge, au service duquel son auteur était attaché. Cette détente est elle-même dérivée du dispositif essayé, en 1839, par John Gray, au chemin de fer de Liverpool à Manchester et qui constitua la première tentative faite pour opérer la variation de la durée d'admission de la vapeur par la variation de la longueur de la course du tiroir.

L'organe de changement de marche de Walschaerts ressemble à un double levier fourchu de Cabry, avec réunion, par les extrémités, des branches de la fourchette et transport de l'axe de rotation au centre de figure. Un fait assez curieux est qu'un dispositif tout semblable, avec cette seule différence que la barre d'excentrique était terminée par un seul bouton au lieu des deux de Walschaerts, a été proposé en 1843 par Crampton. Une figure, représentant cet arrangement, est donnée par Clark, dans son ouvrage *Railway Machinery*, page 27. Il est infiniment probable que Walschaerts n'a jamais eu connaissance de cette disposition, qui n'a jamais été appliquée, et que les deux inventeurs se sont inspirés indépendamment de l'appareil de Cabry pour cet arrangement qui n'est d'ailleurs pas la partie essentielle de la distribution Walschaerts caractérisée par le levier d'avance.

Dès que nous avons eu connaissance de l'article publié par M. Boulvin dans la *Revue de Mécanique*. nous lui avons communiqué notre impression sur cette partie de la distribution primitive de Walschaerts, et il a bien voulu nous répondre par une lettre datée du 21 mars dernier, et dont nous citerons le passage suivant : « Quant à l'influence que les fourches de Cabry ont dû avoir sur l'invention de Walschaerts, je suis tellement du même avis que vous que je l'avais fait d'abord ressortir dans le brouillon de l'article que j'ai inséré dans la *Revue de Mécanique*. D'abord l'analogie de la disposition du brevet semble indiquer une filiation bien naturelle, ensuite Walschaerts avait dû être témoin des tâtonnements de Cabry et devait réparer et régler des machines qui étaient munies de cette distribution (1). Mais, désireux, avant tout, de ne rien avancer dont je n'étais absolument certain, j'ai demandé au fils de M. Walschaerts s'il pouvait m'éclairer sur la question des rapports qu'aurait eus son père avec Cabry, vers l'époque à laquelle celui-ci avait commencé à employer des fourchettes allongées, etc. Il n'a pu me fournir aucun renseignement. Je n'ai pas songé à consulter l'ouvrage de Spineux qui m'aurait un peu éclairé et je me suis décidé à biffer toute allusion à Cabry, dans la crainte qu'il ne fût établi que la distribution de ce dernier était postérieure au brevet de Walschaerts. Mais du mo-

(1) Walschaerts était, en 1844, chef d'atelier à Bruxelles-Midi, et avait été, auparavant attaché aux ateliers du Chemin de fer de l'État, à Malines.

ment que la distribution Cabry existe depuis 1841 (1), la conjecture que vous faites et qui rencontre si complètement l'idée que j'en avais eu d'abord est tout à fait fondée. Vous feriez une chose utile en lui donnant la publicité à l'occasion. »

Nous renverrons à la note de M. Boulvin pour les autres travaux de Walschaerts. Mais nous tenions à rappeler, en employant les termes mêmes du savant professeur, que Walschaerts fut un ingénieur et un inventeur dont le très grand mérite fut toujours caché par une modestie et un désintéressement absolus. Sa distribution est employée sur des milliers de locomotives, et non seulement il n'en a retiré aucun profit matériel, mais elle est encore trop souvent désignée sous un autre nom que le sien.

Utilisation des ordures ménagères. — On a installé à Darmen, en Angleterre, un matériel pour la destruction des ordures ménagères, avec utilisation du calorique développé par cette opération, pour le service des tramways électriques de la ville.

Les matières sont brûlées dans deux fours du type Meldrom, fonctionnant avec alimentation automatique. Les fours et les chaudières sont installés dans un bâtiment situé près de la station terminus du tramway. Ce bâtiment contient, en outre, deux dynamos génératrices Siemens de 150 kilowatts, actionnées par une machine à vapeur de 250 *ch*, et une dynamo Mather et Platt, actionnée par un moteur de 450 *ch*. Les chaudières sont du type Lancashire, et ont 8,20 *m* de longueur, et 2,40 *m* de diamètre. La combustion des ordures fournit assez de vapeur pour produire le courant nécessaire à l'alimentation de 3 500 lampes à incandescence de 8 bougies. On brûle de 32 à 38 *t* de détritus par jour, les appareils pouvant en consommer 70. On estime le pouvoir calorifique de ces matières au cinquième de leur poids de houille. Il y a déjà quelque temps que cette installation fonctionne et le succès a été complet. Les résidus fournis par une ville de 40 000 habitants sont détruits d'une manière absolument inoffensive et on obtient gratuitement une force de 400 *ch* pendant 12 heures. Avec l'emploi d'accumulateurs on peut obtenir une force de 260 *ch* pendant 18 heures. La production annuelle d'énergie est estimée à 900 000 kilowatts.

Production du mercure dans le monde. — Nous trouvons dans l'*Engineering and Mining Journal* les renseignements suivants sur la production du mercure dans le monde. Une statistique, dressée par M. V. Spirk, donne les chiffres relatifs à l'Europe pour l'année 1901. Le journal américain y ajoute la production des États-Unis et obtient ainsi le tableau suivant en y donnant, à titre de comparaison, les chiffres extraits des statistiques de The Mineral Industry pour 1900. On a aussi

(1) Combes dit, dans son *Rapport sur les locomotives* faisant partie du Rapport du Jury Central sur l'Exposition des produits de l'industrie française en 1844, vol. II, p. 162 : « Les premières offres de Cabry au gouvernement belge sont du mois de novembre 1841 et la seconde locomotive de R. Stephenson, sur laquelle il ait appliqué la détente variable, ne fut livrée au North Eastern Railway que dans le mois de février 1842. »

la production du monde à l'exception du Mexique. Les chiffres sont exprimés en tonnes métriques.

	1900	1901			°/o
Autriche	550	512	Diminution	38	6,9
Italie	220	278	Augmentation	58	26,4
Russie	340	368	—	28	8,2
Espagne	1 111	846	Diminution	265	23,9
États-Unis	967	992	Augmentation	25	2,6
TOTAL tonnes	3 188	2 996	Diminution	192	6,0
TOTAL bouteilles	91 873	86 340	—	5 533	6,0

L'Italie compte plusieurs mines en exploitation, l'Autriche n'a que celle d'Idria. La production de l'Espagne comprend 786 tonnes pour Almaden et 80 pour d'autres mines moins importantes.

La production des mines du Mexique a été en 1900 de 335 tonnes; si on admet les mêmes chiffres pour 1900, la production totale du monde aurait été de 3 331 tonnes en 1900, contre 3 523 tonnes en 1900.

Extraction du charbon du bassin de Dombrowa. — Notre Collègue, M. L. Journolleau, veut bien nous communiquer la note suivante :

L'Association des propriétaires de charbonnages de Pologne donne les renseignements ci-après sur l'extraction minière du bassin de Dombrowa.

En 1901, on a extrait 2 260 250 *t* de charbon contre 2 387 960 en 1900, soit une diminution de 127 710 *t*.

Le chemin de fer d'Ivangorod-Dombrowa qui dessert le bassin a enregistré dans ses transports de houille une diminution de 22 000 *t*, soit 4 0/0.

Les principaux centres de consommation sont représentés par les villes de Varsovie et de Lodz. Varsovie a absorbé, en 1901, 457 400 *t*, soit une augmentation de 4 0/0 sur l'année précédente, mais Lodz n'a consommé que 582 100 *t*, soit environ 3 000 tonnes de moins qu'en 1900.

Sous l'influence de l'engouement industriel, vers 1899, et par suite des fortes demandes de houille qui en étaient résulté, une foule de petits charbonnages s'étaient mis, souvent, dans des conditions financières peu satisfaisantes. Treize d'entre eux ont cessé toute extraction, par suite de la baisse des prix.

Voici la répartition de l'extraction totale exprimée en wagons :

	1901	1900
Nifka (Sosnovice)	36 496 wagons.	53 996 wagons.
Mortimer —	23 793 —	28 260 —
Milivitz —	18 685 —	22 591 —
Comte Renard (Sosnovice)	43 009 —	43 109 —
Paris (Société Franco-Italienne)	26 167 —	25 344 —

	1901		1900	
Kasimir et Félix (Société Varsovienne)	38 779	wagons.	35 514	wagons.
Saturne —	33 660	—	34 562	—
Tcheliadz —	20 667	—	19 633	—
Flora (Banque foncière Autrichienne)	14 063	—	13 326	—
Jan — —	5 148	—	4 098	—
31 petits charbonnages.	21 397	—	15 034	—

Les grands charbonnages paraissent avoir adopté, pour politique, de ruiner leurs concurrents en les laissant augmenter leur extraction au moment où la baisse des prix se fait le plus sentir. Eux-mêmes tendent à réduire leur propre extraction. Témoin la Société de Sosnovice qui accuse une diminution de production, variant pour ses principaux sièges d'extraction de 15 à 32 0/0, ce qui n'a pas empêché cette affaire de distribuer un dividende de 17 0/0 pour le dernier exercice.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Rapport de M. Hippolyte Fontaine, sur **les appareils pour la stérilisation des eaux,** de MM. Vaillard et Desmaroux.

Ces appareils ont pour objet de traiter les eaux d'alimentation,, pour les débarrasser des microbes pathogènes, tout en leur conservant une certaine fraicheur. Le principe consiste à porter dans des autoclaves les eaux à la température de 115° avec circulation dans des échangeürs de chaleur, pour économiser le combustible et refroidir l'eau stérilisée.

Le rapporteur croit devoir faire quelques réserves au sujet de la stérilisation de l'eau à laquelle il ne faut pas demander ce qu'elle ne peut pas donner. Elle tuera sûrement les germes vivants contenus dans l'eau, mais elle n'enlèvera pas les matières en dissolution provenant d'une contamination antérieure au traitement calorifique.

Sous réserve de ces observations, les appareils décrits ont une réelle valeur et il est à désirer que leur usage se répande.

Communication faite le 13 décembre 1901 à la Société d'Encouragement sur **les appareils stérilisateurs,** de MM. Vaillard et Desmaroux, par M. René Huberson.

Cette communication débute par des considérations sur l'influence de l'impureté des eaux sur la santé publique et décrit les procédés employés pour la purification des eaux, en insistant tout particulièrement sur les appareils Vaillard et Desmaroux et leurs applications ; on trouvera à la fin d'intéressants détails sur les résultats pratiques obtenus.

Rapport de M. Ed. Sauvage, sur **les tubes de niveau d'eau blindés,** de M. Bara.

Ces tubes présentent la particularité d'être partiellement recouverts d'une gaine métallique formée de cuivre, déposé par électrolyse. Cette gaine, destinée à protéger le tube contre certaines causes de rupture, présente une série de fenêtres pour laisser voir l'eau dans les tubes. Ces tubes commencent à être employés dans les chemins de fer, ils se comportent bien en service.

Communication de M. Ed. Simon, sur un **procédé d'essai de résistance à la pénétration des matières élastiques ou non.** par M. Jules Persoz, directeur de la Condition publique des soies et laines de Paris.

Ce procédé ést mis en œuvre au moyen d'un appareil imaginé par

M. Persoz, et qui permet de déterminer la résistance à la perforation de divers articles, tels qu'étoffes, cuirs, courroies, etc. Le principe consiste à maintenir sur un cadre circulaire, entre deux rondelles métalliques, un morceau de la matière à essayer et à y appliquer l'extrémité d'une tige, pressée progressivement jusqu'à ce qu'il y ait perforation. L'instrument peut mesurer des efforts de 1 à 200 *kg*. Le principe est applicable à l'essai des métaux, mais, dans les conditions qui viennent d'être indiquées, l'appareil construit ne peut opérer que sur des feuilles minces. Quoi qu'il en soit, cette méthode est susceptible de nombreuses applications et ouvre une voie nouvelle aux recherches et aux constatations de nature à guider le producteur aussi bien que le consommateur.

Note sur les locomotives, par M. Ed. Sauvage, Ingénieur en chef des Mines.

Il n'est donné ici que le commencement de ce cet important travail, qui est le développement d'une conférence faite à la Société d'Encouragement, en février 1901.

L'auteur y passe en revue les perfectionnements apportés depuis quelques années aux locomotives en commençant par la chaudière, dont il étudie successivement les diverses parties : grille, foyer, consolidation du ciel, tubes, boîte à fumée, pression. Il passe ensuite à la distribution et est naturellement amené à parler du fonctionnement compound qui a été, dit l'auteur, la seule modification importante apportée au système ancien des locomotives, et de ses diverses formes d'application. Vient ensuite l'examen de la locomotive envisagée comme véhicule, examen dans lequel est signalé l'emploi de plus en plus fréquent du bogie. On trouve plus loin quelques considérations sur le classement des locomotives et les notations employées pour désigner les diverses catégories.

La Convention du mètre et le Bureau international des poids et mesures, par Ch. Ed. Guillaume *(suite).*

Dans cette partie, l'auteur étudie les mesures relatives à la gravitation, telle que la détermination de *g* au Pavillon de Breteuil, valeur trouvée 980,991, la variation de *g* avec la hauteur, l'établissement d'un témoin invariable du mètre (travaux de M. A.-A. Michelson), l'utilisation des longueurs d'onde du cadmium comme étalons de mesure, etc.

Sur **l'équilibre des systèmes fer-carbone,** par MM. G. Charpy et L. Grenet.

Fer et phosphore, par M. J.-G. Stead *(suite).*

Notes de mécanique. — Nous signalerons une note sur les tuyauteries de vapeur et les coups d'eau, d'après M. C.-E. Stromeyer, la description des régulateurs de pression Foster et une étude sur la vapeur surchauffée dans les locomotives, d'après le Z. V. D. I.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

4e trimestre de 1901.

Notice biographique sur M. Parandier, ancien inspecteur général des Ponts et Chaussées, par M. Barrand, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Discours prononcés à l'occasion de **l'inauguration du buste de M. Bourdelles**, inspecteur général des Ponts et Chaussées, directeur des Phares et Balises, buste placé dans le Musée du Dépôt central des Phares.

Congrès international du Génie civil, tenu à Glasgow, en 1901. — Compte rendu des travaux de la 2e section, par M. le baron Quinette de Rochemont, inspecteur général des Ponts et Chaussées, directeur des Phares et Balises.

Nous devons nous borner à l'énumération des sujets et des auteurs des quatorze rapports présentés dans la section. Le compte rendu en donne une brève analyse et dit quelques mots au sujet de la discussion qui a suivi chaque rapport.

Canal de Dortmund à l'Ems, par M. Hermann, Regierungs und Baurath ; mode d'exécution des déblais du canal d'évacuation de Chicago, par M. Isham Randolph. Irrigations dans la vallée du Nil, leur avenir, par M. Willcocks, ancien directeur général des réservoirs d'Égypte. Création en Russie d'une voie navigable intérieure entre la mer Baltique et la mer Blanche. Amélioration du Bas-Mississipi, par M. Ockerson, membre de la Commission du Mississipi. Améliorations récentes apportées aux conditions de navigabilité de la branche de la Sulina et de son embouchure, par M. Kühl, Ingénieur de la Commission européenne du Danube. La Clyde et le port de Glasgow, par M. Alston, Ingénieur en chef des Commissaires de la Navigation de la Clyde. Amélioration de l'estuaire de la Clyde, par MM. D. et C. Stevenson, Ingénieurs des Commissaires des Phares de la Clyde. Amélioration de la rivière de Bilbao et création d'un port à son embouchure, par M. Evariste de Churruca. Ingénieur en chef des travaux. Le port de Zeebruge, par M. Nyssens Hart, administrateur de la Compagnie des Installations maritimes de Bruges et M. Van Gausberghe, Ingénieur principal des Ponts et Chaussées. Améliorations récentes apportées à l'éclairage et au balisage des côtes d'Écosse, par M. Stevenson, ingénieur des Commissions des Phares du Nord. Améliorations récentes apportées à l'éclairage et au balisage des côtes de France, par M. le baron Quinette de Rochemont, directeur des Phares et Balises. Les phares de Chine, par M. Reginald Harding, Ingénieur en chef au service des douanes impériales de Chine. Feux à éclats rapides groupés, par M. Allan Brebner.

Il nous a paru utile de donner cette nomenclature pour permettre à ceux de nos collègues que certaines des questions indiquées plus haut intéresseraient de se reporter au compte rendu de M. Quinette de Rochemont.

Progrès les plus récents de l'éclairage et du balisage des côtes, par M. Ribière, Ingénieur en chef du service central des Phares et Balises.

Les divers points traités dans ce mémoire sont : le systéme d'éclairage de Fresnel et les modifications qu'il a subies ultérieurement ; l'augmentation de la puissance des feux, la durée minimum des actifs, l'emploi de l'incandescence par le gaz, par la vapeur de pétrole et par l'acétylène, l'emploi de l'électricité.

Vient ensuite la description des principaux types d'appareils réalisés et des détails sur les feux flottants.

Contribution à l'étude de **la déformation élastique des solides,** par M. A. Mesnager, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'auteur rappelle que la théorie de l'élasticité ne permet pas de résoudre tous les problèmes relatifs à la résistance des matériaux, et qu'on est souvent conduit à sacrifier l'exactitude en recourant à des hypothèses simplificatrices, qui ne se prêtent pas toujours à la solution de tous les problèmes pratiques. Il a cherché a obtenir des données expérimentales suffisantes pour établir des formules empiriques, au moyen d'une méthode basée sur la biréfringence du verre, méthode qui permet également de contrôler les bases de la théorie de l'élasticité, de vérifier les formules qu'on en déduit et qui, dans bien des cas, peut mettre sur la voie des solutions non encore connues.

Les phénomènes de la réfringence du verre soumis à des efforts fournissent, en effet, un excellent procédé pour contrôler, dans un grand nombre de cas (toutes les fois que les solides à étudier sont limités à deux plans parallèles), les résultats de la théorie de l'élasticité et permettent de constituer son accord avec les faits ; ils peuvent donner la solution expérimentale des problèmes d'élasticité, que le calcul n'a pu encore aborder. On opère avec deux prismes de Nicol, des lentilles divergentes et un compensateur Babinet-Janin. Une conclusion du mémoire est que, les formules des tensions à deux dimensions étant indépendantes des coefficients d'élasticité, on peut appliquer à tous les autres corps les distributions d'efforts intérieurs trouvées dans le verre.

Nous croyons, à propos de ce mémoire, devoir rappeler le remarquable travail de notre collègue M. Léger, présenté à la Société des Ingénieurs civils en 1878 et qui a valu à son auteur le prix Nozo. Ce travail, intitulé « Transmission des forces extérieures au travers des corps solides », se termine par les considérations suivantes qu'il parait bon de reproduire ici. « La Mécanique, ou tout au moins la Résistance des matériaux s'attarde peut-être dans des spéculations analytiques appuyées sur un trop petit nombre de faits, anciennement observés ; à l'exemple des autres sciences, ses émules, il est temps d'en assurer et d'en élargir les bases, en les consolidant par l'appui d'éléments nouveaux. La polarisation nous offre un moyen précieux d'entrer plus avant dans cette observation intime de phénomènes jusqu'ici peu connus ; la nouvelle méthode expérimentale que nous recommandons recèle les ressources les plus précieuses que nous serions heureux d'avoir fait entrevoir ».

Addition de pouzzolanes aux ciments Portland dans les travaux maritimes. — Note de M. R. Feret, chef du laboratoire des Ponts et Chaussées à Boulogne-sur-Mer.

Des expériences de laboratoire ont été faites récemment, en Allemagne, dans le but de vérifier l'influence d'additions de trass sur les mortiers de ciment Portland employés à la mer. L'auteur discute ces expériences et relève quelques points qui paraissent de nature à en atténuer la portée. Il rappelle que des recherches analogues ont été poursuivies depuis plusieurs années, tant sur des chantiers maritimes que dans divers laboratoires, et ont conduit à des conclusions intéressantes. L'addition de pouzzolanes au ciment portland donne des mortiers qui ont des résistances comparables à celles des mortiers de portland sans mélange et qui sont bien moins attaquables à l'eau de mer. Un certain nombre de ciments spéciaux, étudiés dans cet ordre d'idées, ont été essayés dans divers travaux à la mer et paraissent donner d'excellents résultats, bien qu'on ne puisse encore formuler de conclusions tout à fait définitives.

Application d'un cabestan électrique à la traction des bateaux à l'entrée du port-canal de Briare, par M. Mazoyer, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

L'usine électrique établie près du pont-canal de Briare, pour l'éclairage de ce grand ouvrage, donnant un excédent de force, on a pensé à l'utiliser pour faire la traction des bateaux sur le pont. A cet effet, un électro-moteur commande, par des renvois convenablement disposés, un cabestan à axe vertical, qui peut exercer sur la corde de halage un effort de traction de 500 à 800 *kg*, suffisant pour traîner une péniche flamande. On a ajouté à l'installation une batterie d'accumulateurs, pour permettre le fonctionnement du système pendant les heures d'arrêt de l'usine électrique.

Notice sur **les travaux de consolidation du port sur la Canche à Étaples**, par M. Houpeurt, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'ouvrage existant comprenait une double poutre métallique continue, formant cinq travées, d'une longueur totale de près de 100 *m*. Des tassements inégaux des appuis avaient amené des modifications défavorables dans les conditions de résistance de l'ouvrage. Pour réduire l'inconvénient du tassement des appuis, s'il se produisait encore, et pour utiliser le mieux possible, dans un but d'économie, la section résistante des poutres anciennes au droit des appuis, sans faire aucune consolidation en ces points, on eut l'idée d'adopter un cantilever. On coupa la poutre continue à la seconde et à la quatrième travée, à 3,50 *m* de la première et de la quatrième pile, et aux mêmes travées, à 2,20 *m* des deuxième et troisième piles, et on ferma les ouvertures ainsi pratiquées par les parties enlevées reposant sur les parties conservées, par des articulations à rotules. On a dû faire quelques consolidations, mais assez peu importantes. La dépense, y compris le remplacement d'un viaduc en bois de 86,50 *m* de longueur par un ouvrage en acier, s'est élevée à 170 000 *f* en nombre rond.

Appareil proposé par M. Krizick pour prévenir les dangers de la chute des conducteurs électriques aériens. Rapport de la Commission des Inventions.

La rupture des conducteurs aériens à haute tension peut entrainer des accidents graves et l'emploi des fils de garde n'est pas suffisant pour assurer une protection certaine. Le principe du système Krizick consiste à établir une dérivation permanente sur le courant des conducteurs à haute tension entre ces conducteurs et les fils de garde qui sont isolés, et à produire le déclenchement du disjoncteur de la station génératrice par la variation du courant dans cette dérivation, sous l'influence de la plupart des dérangements à prévoir.

La Commission estime que l'invention est de nature à intéresser les Ingénieurs et mérite d'être portée à leur connaissance.

Règle pour le jaugeage des bateaux, par M. Krir, Conducteur des Ponts et Chaussées.

Le jaugeage des bateaux présentant aux extrémités des formes arrondies, sans courbures régulières, nécessite des relevés assez compliqués. L'instrument décrit ici, qui se compose d'une équerre et d'une règle mobile, permet de faire ces relevés avec une grande facilité.

Concours ouvert à Saint-Pétersbourg pour des **appareils d'attelage automatiques pour wagons de chemins de fer.**

On trouve ici le programme de ce concours pour lequel divers prix sont offerts; le dernier délai pour la présentation des projets est fixé au 15 avril 1903.

ANNALES DES MINES

10me livraison de 1901.

Étude géologique et minière des provinces chinoises voisines du Tonkin, par M. A. Leclère, Ingénieur en chef des Mines.

Il n'y a ici que la première partie de cet important travail qui se termine dans la livraison suivante.

11me livraison de 1901.

Étude géologique et minière des provinces chinoises voisines du Tonkin, par M. A. Leclère, Ingénieur en chef des Mines *(suite et fin).*

Ce mémoire réunit les résultats d'une mission remplie au Tonkin et en Chine pour le Ministère des Colonies, de décembre 1897 à juillet 1899. Il se compose de trois parties : la première, sous le titre renseignements généraux, donne d'abord un aperçu géographique sur les régions traversées, puis le détail de l'itinéraire dont le choix a été la

conséquence des tracés proposés pour le prolongement des voies ferrées du Tonkin et, enfin, une étude géologique des terrains. La deuxième partie, intitulée : observations, donne les résultats des explorations faites dans les divers itinéraires suivis. La troisième partie étudie les conditions d'exploitabilité des divers gisements reconnus et donne des renseignements de haute valeur sur les divers éléments relatifs à l'exploitation : population, climat, voies de communication, débouchés et prix de revient. On peut apprécier, d'après les renseignements très complets qui y sont donnés, quel parait être l'avenir de l'exploitation des diverses matières minérales, houille, fer, cuivre, or, sel, etc. Le mémoire est accompagné de 16 planches, donnant un grand nombre de vues photographiques représentant des accidents géologiques, des scènes se rapportant au transport, à l'agriculture, des monuments, etc.

Commission du grisou. — Nouvelle lampe de sûreté à essence, système Wolf. Rapport présenté à la Commission, par M. G. Chesneau, Ingénieur en chef des Mines.

Cette lampe présente comme particularités l'introduction de l'air par le bas, un rallumeur à friction et une fermeture magnétique.

Les expériences de la Commission permettent de conclure d'une façon définitive que la transformation de la lampe Marsaut, du type réglementaire, à deux tamis et cuirasse, en lampe à essence et rallumeur à amorces par friction ou par percussion, n'en modifie pas les conditions de sécurité et, en outre, que la lampe Wolf à essence, qui a fait l'objet des expériences, sans admission d'air par le bas et rallumeur à amorces par friction, munie du double tamis et de la cuirasse du type Marsaut réglementaire, dont la Compagnie de Bruay sollicite l'emploi dans ses travaux souterrains, présente les conditions de sécurité nécessaires pour que son usage dans les usines grisouteuses soit autorisé par l'administration supérieure.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Mars 1902.

District de Paris.

Réunion du 1er février 1902.

Communication de M. Machavoine sur **les richesses minérales de la Bretagne** (2e partie).

Dans cette partie, l'auteur traite de la concession minière de Tremuson (Côtes-du-Nord) qui est une des plus anciennes concessions puisque son exploitation remonte à l'époque romaine, et des plus renommées par sa richesse en plomb et sa haute teneur en argent. On peut espérer que cette mine pourra un jour rivaliser avec n'importe quelle autre mine de galène argentifère étrangère, tant par son étendue, ses filons, la teneur de ses minerais que par ses conditions économiques. La concession

comprend 8 039 hectares et s'étend sur 13 communes du département des Côtes-du-Nord. On devra se borner, quant à présent, à la mise en exploitation de la région de Tremuson proprement dite, dont le minerai, une fois trié et lavé, donnera des teneurs de 60 0/0 de plomb et de 1,5 à 2,5 *kg* d'argent à la tonne.

Communication de M. Rey sur **les applications récentes de l'électricité à l'outillage des mines.**

L'auteur, après avoir fait un historique succinct de l'éclairage électrique, entre dans des détails sur les moteurs à vapeur pour la commande des dynamos, la transmission électrique de la force, les courants triphasés desquels date la seconde période du développement industriel de l'électricité (Exposition de Francfort en 1891), ce qui donne lieu à une comparaison du courant continu et du courant triphasé présentée d'une manière très claire. On trouve ensuite une discussion sur l'emploi de l'électricité dans les mines grisouteuses qu'on peut considérer actuellement comme n'étant pas dangereux, à la condition d'avoir une ventilation énergique, puis un aperçu sur les applications courantes de l'électricité dans les mines pour l'épuisement, la ventilation, le transport. La communication se termine par des chiffres intéressants sur le rendement des transmissions électriques.

Les conclusions sont que l'emploi dans les mines de la transmission de force par l'électricité constitue l'un des progrès les plus considérables de l'industrie minérale dans ces dernières années.

Les facilités que ce mode de transmission procure pour la commande des diverses machines employées dans les mines, et son rendement élevé, permettent d'affirmer qu'en dehors des mines très grisouteuses la plupart des exploitations adopteront l'électricité dans un délai très rapproché. Les services rendus peuvent déjà s'apprécier par le fait que toutes les installations électriques qui ont été réalisées ces dernières années se trouvent insuffisantes au bout de peu de temps, les applications qu'il devient avantageux de faire dépassant rapidement les prévisions du début.

L'argument économique, en présence des revendications toujours croissantes des ouvriers mineurs, viendra probablement hâter cette évolution.

Comme suite à cette communication, une visite a eu lieu le 8 février aux ateliers de MM. Sautter, Harlé et Cie, où on a pu voir divers appareils en fonctionnement, notamment des turbines à vapeur Rateau, actionnant des dynamos, des ventilateurs, des appareils de levage, des appareils électriques pour commande de gouvernails de navires, etc.

District de Saint-Etienne.

Réunion du 1er mars 1902.

Communication de M. Beutter sur **l'acier dans sa lingotière.**

L'auteur expose que l'acier versé liquide dans une lingotière peut : 1° être abandonné à lui-même pendant la première phase de son refroi-

dissement ; 2° ou soumis à la compression, système Whitworth ; 3° ou soumis à la compression par tréfilage, système Harmet.

L'étude de ces divers cas montre : 1° la nécessité de ne pas abandonner au retrait libre, pendant le refroidissement, les lingots avec lesquels on désire fabriquer des produits de qualité supérieure, et 2° l'avantage qu'on peut retirer de la compression par tréfilage, soit au point de vue qualité du métal, soit au point de vue économie à réaliser en utilisant le lingot tout entier.

Communication de M. Harmet, sur **l'électro-métallurgie du fer.**

Après des considérations sur la simplification du problème de la réduction que permet l'introduction de l'électricité comme source de chaleur indépendante, en laissant l'agent réducteur tout entier à l'action chimique qui lui est demandée, la note décrit un appareil complet établi pour l'électro-métallurgie du fer et qui comprend un premier appareil pour la fusion du minerai, un second appareil pour la réduction et un troisième appareil pour la mise au point du métal ; c'est le régulateur ou four Martin électrique. Les deux premiers sont à marche et à production continues, le troisième à marche continue, mais à coulées successives.

L'auteur décrit la disposition et la conduite des appareils et termine par une étude économique de leur fonctionnement. Il estime qu'en dépensant pour une tonne d'acier 9 *f* de coke et 20,20 *f* de courant électrique à raison de 1 centime les 1 000 calories, on remplacera : 1° le coke du haut fourneau ordinaire, soit 25 *f*, la machinerie du haut fourneau estimée à 5 *f* et 12,50 *f* de houille, total 42,50 *f*, d'où une économie de 13,26 *f* par tonne.

Compte rendu d'un ouvrage intitulé **les Ardoisières des Ardennes**, par M. N. Watrin, contrôleur principal des mines.

Résumé du procès-verbal d'une Séance de la section du grisou de la Société belge de Géologie, dans laquelle il a été question des **phénomènes grisouto-sisiques.**

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 13. — *28 Mars 1902.*

Machine d'épuisement souterraine de 1 000 *ch*, par H. Stener.

Dragues de construction récente, par R. Wels *(fin)*.

Exposition universelle de 1900. — Les machines pour la teinture et les apprêts, par F. Ruppert *(suite)*.

Exposition internationale de moyens de protection contre l'incendie à Berlin en 1901, par Kaemmerer et Meyer *(fin)*.

Groupe de Bavière. — Voiture automobile pour chemin de fer avec générateur Serpollet.

Groupe d'Alsace-Lorraine. — Machines frigorifiques.

Bibliographie. — Manuel des sciences de l'Ingénieur. 3e volume. Constructions hydrauliques.

Revue. — Les perforatrices aux États-Unis.

N° 14. — *5 Avril 1902.*

Nouvelles installations frigorifiques pour la brasserie, par R. Schöttler.

Exposition internationale de Glasgow *(fin).*

Chemin de fer électrique entre Liverpool et Manchester, par F.-B. Behr.

Exposition universelle de 1900. — La technique des courants à haute tension, par R. M. Friese *(suite).*

Résistance à la rupture des poutres à plusieurs encastrements, par le professeur Ferdinand Wittenbauer.

Groupe de Carlsruhe. — Méthodes de travail employées par la Société de pressage et laminage des métaux, à Dusseldorf-Reisholz.

Groupe de la Ruhr. — Développement de l'emploi des réchauffeurs d'eau d'alimentation.

Revue. — Theodor Otto (inventeur d'un système de transports aériens). — Moteur à gaz à deux temps et à double effet, système Körting.

N° 15. — *12 Avril 1902.*

Le paquebot à hélice *Sithonia.*

Chemin de fer électrique monorail entre Liverpool et Manchester, par F.-B. Behr *(fin).*

Exposition universelle de 1900. — La navigation et l'éclairage des côtes, par A. Rudolph *(suite).*

Exposition universelle de 1900. — Les machines agricoles, par H. Gründke *(suite).*

Cas de corrosion des conduites d'eau en cuivre sur des bâtiments de guerre allemands, par Hüllmann.

Groupe de Carlsruhe. — Emploi de l'énergie électrique sur les bâtiments de guerre.

Revue. — Grue électrique construite par la Wellman-Seaver Engineering Cy, de Cleveland (Etats-Unis), pour la Société anonyme de Micheville. — La plus grosse locomotive du monde. — Boite à feu de locomotive avec tubes à eau.

N° 16. — *19 Avril 1902.*

Ordre du jour et programme de fêtes de la 43e réunion générale de la Société des Ingénieurs allemands, à Dusseldorf en 1902.

Drague marine à godets avec enlèvement des déblais par conduite flottante, par E. Kleinrath.

Exposition universelle de 1900. La technique des courants à haute tension, par R.-M. Friese *(fin).*

Concours pour la reconstruction du pont du milieu sur le Rhin, à Bâle, par C. Bernhard.

Groupe de Dresde. — Automobile sur route avec prise de courant sur un conducteur aérien.

Groupe de la Lehne. — Photographie et impression en couleurs naturelles. — Théorie relative à la capacité de l'œil à distinguer la lumière et les couleurs.

Groupe de la Thuringe moyenne. — Le verre dans les constructions.

Groupe du Rhin inférieur. — Explosion de chaudière dans un moulin à vapeur.

Groupe de Schleswig-Holstein. — Bateaux sous-marins.

Revue. — Les chemins de fer électriques de la Union Traction Cy, dans l'Indiana. — Appareil de centrage pour le forage des trous dans les plaques de blindage. — Statistique des chemins de fer électriques en Allemagne. — Laminoirs jumeaux pour fers à double T de 550 *mm* de hauteur.

N° 17. — *6 Avril 1902.*

Locomotives à air comprimé, par MM. Buhle et G. Schimpff.

Exposition universelle de 1900. — Navigation et éclairage des côtes, par A. Rudolph *(fin).*

Locomotives électriques pour lignes à crémaillère et à adhérence, par M. Gaze.

Calcul des dimensions principales des moteurs à explosion, par H. Güldner.

Exposition universelle de 1900. — Les machines agricoles, par H. Gründke *(suite).*

Groupe de Hanovre. — Forage d'un puits pour les fabriques d'alcali de Ronnenberg. — Pyromètre de Wanner.

Revue. — Navire-école allemand *Grossherzogin Elisabeth.* — Automobiles pour service militaire.

Pour la Chronique et les Comptes Rendus :

A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

IIIe SECTION

La Législation minière et le Contrôle des Mines (1),
par M. T. Cuvillier, Contrôleur principal des Mines.

Trouver un guide sûr au milieu des lois, ordonnances, décrets, arrêtés, instructions et circulaires réglementant les Mines, est une bonne fortune pour tous ceux — et ils sont nombreux — qui s'occupent de travaux miniers ou qui possèdent des intérêts dans les mines, soit dans la France métropolitaine, soit dans la France coloniale.

Posséder un ouvrage de législation, bien à jour, est une condition essentielle, si on veut tirer de sa consultation tous les renseignements nécessaires, car il n'est pas de matière qui varie davantage, étant incessamment soumise aux fantaisies du législateur comme aux interprétations capricieuses, tant des pouvoirs publics que de la jurisprudence.

La Législation minière et le Contrôle des Mines, par T. Cuvillier, Contrôleur principal des Mines, répond à ce double désir des exploitants de mines ; c'est un ouvrage clair et méthodique, codifiant et commentant les textes relatifs à la propriété minière, sans entrer dans de trop longs développements et, succédant aux traités magistraux, de date antérieure, de MM. Dupont et Aguillon, il est appelé à rendre aux intéressés les plus grands services.

Cet ouvrage comprend deux parties : la première est une étude doctrinale des droits miniers, anciens et modernes ; elle renferme un exposé des droits et des devoirs des inventeurs, exploitants, propriétaires superficiaires, et des moyens d'arriver à l'obtention d'un permis de recherche ou d'une concession de mine.

Un examen particulier est fait des relations existant entre l'exploitant de mines et le propriétaire de la surface, au point de vue de la conduite des travaux souterrains et du règlement des dommages ou des dégâts occasionnés, soit par ces travaux, soit par les occupations temporaires des terrains appartenant aux tiers.

Les redevances à servir à l'Etat, les redevances tréfoncières, sont traitées dans une étude spéciale.

La surveillance administrative, le rôle et les attributions du service du contrôle, y compris le caractère et la portée de l'intervention des Délégués mineurs, forment l'objet de chapitres intéressants. Des études distinctes sont relatives à la législation des salines, minières, tourbières et carrières.

Il est fait un exposé complet des contraventions et des pénalités dont

(1) In-16, 185 × 120 de XII - 788 p. Vve Ch. Dunod. Paris 1902. Prix relié : 12 francs.

sont passibles les exploitants, en y comprenant la plus grave de toutes, la nouvelle prétention ministérielle de prononcer, par simple arrêté, la déchéance des concessionnaires, en cas d'inexploitation, pénalité qui leur est appliquée, depuis peu, sans tenir compte des chômages momentanés que peut leur occasionner la baisse des métaux et des autres produits des industries extractives.

Une place importante est occupée par la législation ouvrière, œuvre des dernières législatures.

Dans la seconde partie de cet ouvrage sont réunis tous les textes de lois, ordonnances, décrets, arrêtés, instructions, circulaires et autres documents qu'est obligé de connaître l'exploitant, s'il ne veut encourir les pénalités précédentes; le tout est accompagné de modèles des formules à remplir pour observer les formes chères à l'Administration.

Un semblable volume sera donc consulté avec fruit par l'exploitant de mines et, si son application ne rend pas son entreprise plus prospère, elle le mettra du moins en règle avec le service du Contrôle des mines et par suite avec sa conscience de bon citoyen.

H. C.

IVe SECTION

L'année industrielle, par M. Max de Nansouty (1).

Notre distingué Collègue, M. Max de Nansouty, a bien voulu, comme les années précédentes, offrir à la Bibliothèque de notre Société le volume qui vient de paraître de sa publication l'*Année Industrielle*.

Ce recueil est, comme on sait, consacré à la description succincte des découvertes scientifiques et des inventions nouvelles, les plus remarquables, de l'année qui vient de s'écouler.

Nous croyons superflu de répéter une fois de plus les éloges que nous avons déjà eu à faire de cet ouvrage et nous nous bornerons à dire que, comme intérêt, choix de sujets et rédaction, il est à la hauteur des volumes précédents. Nous signalerons, toutefois, parmi les huit chapitres, entre lesquels sont réparties les matières traitées, le dernier qui, sous le titre modeste de Variétés, contient un certain nombre de sujets d'ordre divers tous très intéressants dont beaucoup touchent à l'hygiène et à la salubrité, dont l'Ingénieur ne saurait aujourd'hui se désintéresser. Une raison d'être des ouvrages de ce genre, quand ils sont bien faits, et c'est ici le cas, est dans les services qu'ils rendent en permettant de retrouver des faits qu'on a vus, en passant, dans des publications techniques et qu'on ne saurait autrement retrouver quand on en a besoin qu'avec des recherches plus ou moins longues et pénibles. A ce titre, aussi bien qu'à d'autres, nous croyons devoir recommander à nos Collègues l'ouvrage que nous leur signalons ici.

A. Mallet.

(1) In-16, 200 × 140 de 288 pages avec illustrations, prix : broché, 3 fr. 50. Paris Félix Juven.

Les combustibles solides, liquides, gazeux (1).

Tel est le titre d'une publication de M. H.-S. Phillips, Chimiste-Conseil du Great Eastern Railway, traduite en français par M. J. Rosset, Ingénieur civil des Mines, à la suite du succès obtenu par l'ouvrage en Angleterre.

L'auteur a eu le mérite de grouper dans un petit volume tous les renseignements qu'il faudrait aller chercher, au prix de beaucoup de temps et de peine, dans de nombreux traités de physique et de chimie; il s'est livré à ce travail en vue de guider le lecteur sur les moyens d'apprécier la valeur d'un combustible, tant au point de vue de la composition chimique et des procédés d'analyse qui la révèlent, qu'au point de vue du pouvoir calorifique et de ses modes de détermination.

Tous les industriels soucieux de réaliser des économies dans leurs prix de revient consulteraient cet ouvrage avec fruit, alors qu'absorbés par les soins multiples de leurs affaires, ceux pour lesquels la production de l'énergie n'est pas le facteur dominant, négligent trop souvent de procéder à des contrôles fréquents et complets de la qualité des combustibles qu'ils emploient.

Le lecteur trouvera, dans les 160 pages que renferme ce petit volume, tous les renseignements qui pourront l'éclairer sur la valeur des combustibles qu'il consomme et l'examen des tableaux qui terminent l'ouvrage, dans lesquels sont groupés les résultats pratiques obtenus sur des types bien définis, le fixera sur la composition chimique, la puissance calorifique et le choix des combustibles industriels dont il devra s'approvisionner.

H. C.

Poudres et explosifs. — *Dictionnaire des Matières explosives*, par le Dr J. Daniel (2), préface de M. Berthelot.

Les remarquables travaux de thermochimie de trois grands savants français, MM. Berthelot, Sarrau et Vieille, ont jeté une vive lumière sur les réactions qui prennent naissance dans l'inflammation des matières explosives et ont permis de déterminer, avec une certaine exactitude, les phénomènes qui accompagnent les explosions : chaleur dégagée, température obtenue, volume des gaz produits, pression exercée, etc. ; ils ont ainsi ouvert une voie nouvelle aux chercheurs qui se sont livrés en grand nombre, à leur suite, à l'étude de matières explosives nouvelles possédant des puissances croissantes ou des propriétés particulières.

Le succès mérité et l'immense fortune faite par l'un de nos plus éminents Collègues, Nobel, grâce à la découverte et à la fabrication industrielle de la dynamite, n'ont pas peu contribué, non plus, à pousser les

(1) In-18, 180 × 115 de X-165 pages, avec 15 figures. Paris, Gauthier-Villars, 1902; prix broché, 2 fr. 75.

(2) In-8°, 250 × 165 de X-815 pages. Paris, Veuve Ch. Dunod, 1902. Prix broché, 30 francs.

inventeurs à la recherche d'explosifs nouveaux; aussi les substances explosives les plus variées ont-elles vu le jour depuis vingt-cinq à trente ans et ont-elles pris naissance, en si grande quantité, qu'il devient impossible de se guider au milieu de compositions les plus diverses et portant les noms les plus fantaisistes.

Le besoin d'un dictionnaire des explosifs se faisait donc vivement sentir; cette lacune avait été comblée antérieurement, pour l'Angleterre, par le colonel Cundill, et pour l'Italie, par le capitaine Salvati; elle n'existe plus, en France, depuis la publication du Dictionnaire que le Docteur Daniel, ancien Directeur de la Compagnie des Explosifs Sécurite vient de faire paraître, précédé d'une préface du maître de la mécanique chimique, M. Berthelot.

Il pourrait suffire de reproduire ici la première phrase de cette préface. L'éminent chimiste débute ainsi :

« Voici un gros livre, un bon livre, un volume utile, consacré à » l'étude essentiellement pratique des matières explosives employées » dans les travaux de mines et pour les applications militaires et indus- » trielles les plus variées. »

On ne peut faire un plus bel et un plus complet éloge en moins de lignes et cet éloge, sous la plume du grand savant qui préside la Commission des substances explosives, dispenserait d'un plus long commentaire; il convient cependant de fixer, sur l'importance et l'étendue de cet ouvrage, ceux de nos Collègues que la question des poudres et explosifs intéresse, en ajoutant que ce n'est pas, comme le titre de Dictionnaire pourrait le laisser supposer, une simple énumération descriptive et raisonnée des substances explosives, mais un véritable traité méthodique où se trouve exposé tout ce qui touche à la matière : C'est ainsi qu'on trouvera, aux mots correspondants, des articles écrits magistralement et traitant, notamment, les questions suivantes : Classification des substances explosives, calcul des éléments caractéristiques d'un explosif, puissance, stabilité, température d'inflammation, etc.

Quant aux applications des explosifs elles sont l'objet d'une série de monographies qu'on trouvera aux mots ci-après : Allumeurs de sûreté, applications de l'électricité au tirage des mines, démolitions, détonateurs, destruction des explosifs, dynamitières souterraines, emploi des substances explosives, engins criminels, explosifs de sûreté, explosions sous-marines, mèches de sûreté, perforation des trous de mine, etc.

On le voit, l'auteur ne s'est pas borné à faire une étude de la constitution et des propriétés des explosifs, il a montré les emplois de ceux-ci dans tous leurs détails, enfin il a exposé les diverses phases de la fabrication des substances explosives les plus répandues et la préparation des matières premières principales entrant dans leur composition.

En un mot, le *Dictionnaire des Matières explosives* vaut bien mieux que son titre modeste, c'est un véritable traité théorique et pratique des substances explosives qui a, en outre, les avantages de la forme méthodique donnée à ce recueil et qui en fait, en plus, un répertoire alphabétique des explosifs et de leur emploi.

H. C.

Ve SECTION

Électromoteurs. — I. — *Courant continu*, par G. Roessler (1).

Cet ouvrage est un résumé des leçons sur le transport de force par l'électricité et sur les courants alternatifs professées par M. G. Roessler à l'École supérieure technique de Berlin.

Le but de ces cours est de présenter à l'Ingénieur, qui a à utiliser des électromoteurs dans ses installations, les propriétés de ces derniers, et d'en établir les principes d'une façon simple mais néanmoins rigoureusement scientifique.

Les calculs longs et fastidieux ont été proscrits de ce livre, et c'est en s'appuyant seulement sur les principes les plus connus de la physique et de la mécanique que l'auteur étudie les électromoteurs et leurs applications.

M. E. Samitca a pu constater, en Allemagne, le succès obtenu par l'ouvrage de M. Roessler, et c'est dans le but de rendre service aux nombreux Ingénieurs qui s'occupent d'électricité qu'il en a entrepris la traduction.

Nous allons donner une analyse rapide de cette importante brochure.

Après avoir passé en revue les lois fondamentales de l'électricité et les principes du magnétisme, l'auteur étudie en détail les différents types de moteurs et de génératrices.

Le chapitre IX est relatif au freinage électrique, à la récupération possible de l'énergie, et au renversement de marche.

Dans le chapitre suivant, M. Roessler examine les causes de la formation des étincelles et les remèdes qui peuvent y être apportés.

Un chapitre est consacré à la réaction d'induit des électromoteurs et un autre aux courants de Foucault et à l'hystérésis.

L'ouvrage se termine par un appendice relatif au système absolu d'unités électriques.

Ce premier fascicule qui traite exclusivement des électromoteurs à courant continu doit être suivi prochainement d'un autre sur les électromoteurs à courants alternatifs.

G. Baignères.

(1) In-8° 255 × 165, de VI-152 pages, avec 49 figures. Paris, V^e Ch. Dunod, 1902. Prix broché, 6,50 *f*.

Le Gérant, Secrétaire administratif,
A. de Dax.

Imprimerie Chaix, rue Bergère, 20, Paris. — 9490-3-02. — (Encre Lorilleux)

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

MAI 1902

N° 5

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de mai 1902, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Chemins de fer et Tramways.

FRIEDMANN (Alex.). — *Catalogue des accessoires pour locomotives de Alex. Friedmann* (album, 335 × 275 de 78 p.). (Don de M. A. Lavezzari, M. de la S.) 41720

FRIEDMANN (Alex.). — *Locomotives compound avec dispositif système Goelsdorf pour démarrage sans appareils spéciaux, de Alex. Friedmann.* (album 330 × 260 de 54 p., 17 fig. et 36 pl.). (Don de M. A. Lavezzari, M. de la S.) 41721

GIBBONS (T.-H.). — *Railway Viaducts in Cornwall ol and new*, by T.-H. Gibbons (Excerpt Minutes of Proceedings of the Meeting of the Institution of Mechanical Engineers in Plymouth 25th. July 1899) (in-8°, 215 × 140, pages 355 à 364 et pl. 92 à 108). (Don de M. L.-G. Mouchel, M. de la S.). 41858

PARTIOT (L.). — *Instruction pour la préparation des projets et la surveillance des travaux de construction de la plate-forme des chemins de fer, suivi de tables pour le calcul des courbes et pour l'évaluation des volumes des déblais et des remblais*, par L. Partiot (in-4°, 310 × 210 de 182 p. avec 8 pl.). Paris, J. Baudry, 1884. 41727

VIERENDEEL (A.). — *Le système Vierendeel aux États-Unis. Le viaduc de Kinzua.* Note de M. A. Vierendel (Extrait du 2e fascicule des Annales des Travaux publics de Belgique. Avril 1902) (in-8°, 235 × 155 de 7 p. avec 2 pl.). Bruxelles, J. Goemaere, 1902. (Don de l'auteur.) 41714

Chimie.

GUILLET (L.). — *L'industrie des acides minéraux*, par L. Guillet (Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 184 p.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1902. (Don de l'éditeur.) 41873

VILLON (A.-M.) et GUICHARD (P.). — *Dictionnaire de chimie industrielle contenant les applications de la chimie à l'industrie, à la métallurgie, à l'agriculture, à la pharmacie, à la pyrotechnie et aux arts et métiers*, par M. A. Villon et P. Guichard. *Tome III, fascicule 33, cahiers 51 à 55* (in-8°, 290 × 200). Paris, Bernard Tignol. (Don de l'éditeur.) 41876

Construction des Machines.

BACH (C.). DESMARET (L.). — *Éléments des machines. Leur calcul et leur construction*, par C. Bach. Traduit sur la septième édition allemande, par L. Desmaret (in-8°, 280 × 185 de xv-711 p., avec 580 fig., et atlas même format de 54 pl.). Paris, Ch. Béranger, 1901. 41728 et 41729

BAURE. — *Description de divers types de machines à vapeur dites d'épuisement que présente le bassin houiller de la Loire et Exposition d'une machine d'épuisement d'un nouveau système*, par M. Baure (in-8°, 250 × 175 de 113 p., avec 4 pl.). Saint-Étienne, Théolier aîné, 1840. (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). 41708

BUCHETTI (J.). — *Les moteurs hydrauliques actuels. Première partie. Calculs et conditions d'établissement. Deuxième partie. Construction*, par Jacques Buchetti (2 vol. in-4°, 280 × 230 de VI-116 p. et de II-87 p. avec atlas 365 × 280 de 40 pl.). Paris, chez l'auteur. 41870 à 41872

La Mécanique à l'Exposition de 1900. 5e livraison. Onzième livraison dans l'ordre d'apparition. Les moteurs hydrauliques, par M. Rateau (in-4°, 320 × 225 de 63 p. avec 74 fig.). Paris, Ve Ch. Dunod, mars 1902. (Don de l'éditeur.) 41742

La Mécanique à l'Exposition de 1900. 9e livraison. Douzième livraison dans l'ordre d'apparition. Appareils de sécurité, par Henri Mamy (in-4°, 320 × 225 de 78 p., avec 128 fig.). Paris, Ve Ch. Dunod, mars 1902. (Don de l'éditeur.) 41743

Luraschi (A.). — *Considérations sur l'emploi des turbines dans les centrales hydro-électriques*, par Arnoldo Luraschi. (Résumé de la Conférence tenue le 11 mai 1901 à l'Alliance Industrielle. Section de Liège. Extrait du Journal des mois d'avril et mai 1902) (in-8°, 245 × 160, de 17 p.). Liège, E. Cloubert, 1902. (Don de l'auteur). 41897

Éclairage.

Defays (J.). et Pittet (H.). — *Étude pratique sur les différents systèmes d'éclairage. Gaz. Acétylène. Pétrole. Alcool. Électricité*, par J. Defays et H. Pittet. (Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.) Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1902. (Don de l'éditeur.) 41874

L'Éclairage électrique. Revue hebdomadaire des transformations électriques mécaniques et thermiques de l'énergie. Tables générales des tomes I à XXV. Années 1894-1901 (in-8°, 280 × 225 de 240 p.). Paris, C. Naud, 1902. 41877

Économie politique et sociale.

Annuaire statistique de la ville de Paris. XXe année, 1899. (République française. Préfecture de la Seine. Direction des Affaires municipales.) (in-8°, 255 × 175, de xxxii-860 p.). Paris, Masson et Cie, 1901. (Don de M. le Préfet de la Seine.) 41719

Bulletin de l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail. Année 1902. N° 14. (in-8°, 235 × 155, de 284 p.). Paris, au siège de l'Association, 1902. 41709

Conseil supérieur du travail. Dixième session. Juin 1901. (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes) (in-4°, 270 × 215 de 178 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1901. 41723

Leener (G. de). — *Les trusts en Belgique*, par Georges de Leener. (Extrait des Annales des Travaux publics de Belgique. Avril 1902.) (Société Belge des Ingénieurs et des Industriels) (in-8°, 245 × 155 de 18 p.). Bruxelles, J. Goemaere, 1902. 41900

Laurent (H.). — *Théorie et pratique des Assurances sur la vie*, par H. Laurent. (Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 176 p. avec 2 fig.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1895. 41736

Rapports et documents sur la réglementation du travail dans les bureaux et magasins et dans les petites industries de l'alimentation. (République française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Conseil supérieur du Travail. Session de 1901. Commission permanente) (in-4°, 265 × 210 de lxi-261 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1901. 41724

Statistique internationale résultant des recensements de la population exécutés dans les divers pays de l'Europe pendant le XIXe siècle et les époques précédentes, établie conformément au vœu de l'Institut International de Statistique, par le Dr Jacques Bertillon. (République française. Préfecture de la Seine. Service de la statistique municipale) (in-8°, 285 × 195 de 203 p.). Paris, G. Masson, 1899. (Don de M. le Préfet de la Seine.) 41859

Électricité.

HOSPITALIER (E.). — *Congrès international d'électricité. Paris, 18-25 août 1900. Rapport et procès-verbaux* publiés par les soins de M. E. Hospitalier (in-8°, 255 × 165 de 258 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1902. (Don de l'éditeur.) 41738

HOSPITALIER (E.). — *Formulaire de l'électricien. Dix-neuvième année. 1902* (in-8°, 165 × 105 de 460 p.). Paris, Masson et Cie. 41734

L'Electricité à l'Exposition de 1900. 12e fascicule. Onzième livraison dans l'ordre d'apparition. Électrochimie et électrométallurgie, par André Bonnet (in-4°, 320 × 225 de 139 p., avec 152 fig.). Paris, V^e Ch. Dunod, mars 1902. (Don de l'éditeur.) 41741

Géologie et Sciences naturelles diverses.

Boletin del Instituto geologico de Mexico. N° 15. Les Rhyolitas de Mexico. Secundo parte. (Secretaria de Fomento, Colonizacion é Industria) (in-4°, 335 × 240 de 76 p., avec pl. VI à XI) Mexico, Oficina Tip. de la Secretaria de Fomento, 1901. 41726

Twenty-first Annual Report of the United States Geological Survey to the Secretary of the Interior 1899-1900. Part. II, III, IV. (3 vol. in-8°, 295 × 190). Washington, Government Printing Office, 1900. 41711 à 41713

Législation.

Bulletin de la Société des Agriculteurs de France. Liste générale des membres de la Société et des Associations affiliées, par ordre alphabétique et par départements (in-8°, 250 × 165 de 334 p.). Paris, Hôtel de la Société, 8, rue d'Athènes, 1902. 41739

Förtekning öfver Svenska teknologföreningens. Ledamoter April 1902 (in-8°, 210 × 135 de 72 p.). Stockholm, 1902. 41856

RIGAUD (F.). — *Expertises et arbitrages*, par F. Rigaud (Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 180 p.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1901. 41737

Société des Anciens Élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers. Annuaire des Sociétaires au 23 février 1902 (in-8°, 215 × 135 de 532 p. avec 1 pl.). Paris, Imprimerie Chaix, 1902. 41718

Société des Ingénieurs civils de France. Annuaire de 1902. 55e année (in-8°, 240 × 150 de 450 p.). Paris, Hôtel de la Société, 19, rue Blanche, 1902. 41744

Médecine, Hygiène, Sauvetage.

Compte rendu des séances du Conseil d'Hygiène publique et de Salubrité du département de la Seine, publié sous la direction du Préfet de Police (République française). Années 1896 à 1901 (6 vol. in-8°, 255 × 165). Paris, Imprimerie Chaix. (Don de M. le Préfet de Police.) 41860 à 41865

PLICQUE (A.-F.). — *Précis populaire d'hygiène pratique,* par le Dr A.-F. Plicque (in-8°, 180 × 115 de x-158 p. avec un tableau en couleurs et 35 fig.). Paris, Plon, Nourrit et Cie, 1902. (Don de M. H. Mamy, M. de la S., de la part de l'auteur.) 41855

Métallurgie et Mines.

BLAZY (A.). — *Le Pétrole à Bakou et les intérêts français au Caucase,* par Albert Blazy (in-8°, 215 × 155 de 33 p.). Paris, Bibliothèque du Journal du Pétrole, 1902. (Don de l'auteur, M. de la S.) 41898

DEMARET (L.). — *Les principaux gisements de minerais de fer du monde. Les réserves de l'Europe et celles des États-Unis d'Amérique,* par Léon Demaret (Extrait du 2e fascicule des Annales des Travaux publics de Belgique. Avril 1902) (Société Belge des Ingénieurs et des Industriels) (in-8°, 245 × 155 de 61 p. avec 2 pl.). Bruxelles, J. Goemaere, 1902. 41901

OBALSKI (J.). — *Opérations minières dans la province de Québec, pour l'année 1901,* par J. Obalski (Département des Terres, Mines et Pêcheries) (in-8°, 245 × 165 de 51 p.). (Don de l'auteur.) 41715

Proceedings of the Australasian Institute of Mining Engineers. Annual Meeting, Melbourne 10 th. January 1902 (in-8°, 210 × 230 de 12 p.). Published by the Institute, Melbourne, 1902. 41868

SCOTT (H.-K.). — *The Iron Ores of Brazil,* by Herbert Kilburn Scott (The Iron and Steel Institute, May 1902) (in-8°, 215 × 140 de 20 p. avec 3 pl.). (Don de l'auteur, M. de la S.) 41747

Transactions of the Australasian of Mining Engineers. Vol. VII, 1901, Vol. VIII, Part. I, 1901. (2 vol. in-8°, 210 × 140). Published by the Institute at the head Office, Melbourne. 41866 et 41867

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

IXe Congrès international de Navigation, Dusseldorf, 22 juin-5 juillet 1902. Programme. Lettre d'invitation. Liste des collectivités et des personnalités qui sont déjà invitées par la Commission d'organisation du Congrès. (3 brochures, 200 × 185.) Dusseldorf, August Bagel. 41704 à 41706

JONGLEZ DE LIGNE. — *La rade du Havre. Projet d'endiguement,* par M. Jonglez de Ligne. Devis dressé par MM. Valet et Blondin (in-4°, 330 × 250 de 31-29 p. avec 3 pl.). Paris, Challamel aîné; E. Dentu, 1870. (Don de M. A. Mallet, M. de la S.) 41707

Société anonyme du Canal et des Installations maritimes de Bruxelles. Cinquième exercice social. Année 1901. Rapport présenté par le Conseil d'administration (in-4°, 295 × 225 de 35 p.). Bruxelles, Imprimerie des Travaux publics, 1902. 41703

Physique.

Lozé (Ed.). — *Les charbons américains. Production et prix. Havage et roulage mécanique*, par Ed. Lozé (in-8°, 255 × 165 de 150 p. avec 8 pl.). Paris, Ve Ch. Dunod, 1902. Deuxième édition. (Don de l'éditeur.) 41869

Lumière (A. et L.). — *Nouvel appareil photographique et panoramique réversible Le Photorama*, par Auguste et Louis Lumière (in-8°, 240 × 155 de 10 p. avec 13 pl.). Lyon, A. Storck et Cie. (Don des auteurs.) 41857

Phillips (H.-J.), Rosset (J.). — *Les combustibles solides, liquides, gazeux. Analyse. Détermination du pouvoir calorifique*, par H.-J. Phillips. Ouvrage traduit de l'anglais d'après la troisième édition, par Joseph Rosset (Actualités scientifiques) (in-18, 180 × 115 de x-165 p. avec 15 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1902. (Don de l'éditeur). 41716

Poincaré (H.). — *Leçons sur la théorie de l'élasticité*, par H. Poincaré, rédigées par MM. Émile Borel et Jules Drach (Cours de la Faculté des Sciences de Paris publiés par l'Association amicale des élèves et anciens élèves de la Faculté des Sciences) (in-8°, 250 × 165 de 209 p.). Paris, Georges Carré, 1892. 41733

Poincaré (H.).— *Théorie analytique de la propagation de la chaleur*. Leçons professées pendant le premier semestre 1893-1894, par H. Poincaré, rédigées par MM. Rouyer et Baire (Cours de la Faculté des Sciences de Paris publiés par l'Association amicale des élèves et anciens élèves de la Faculté des Sciences. Cours de physique mathématique) (in-8°, 250 × 165 de 316 p.). Paris, Georges Carré, 1895. 41732

Poincaré (H.). — *Théorie mathématique de la lumière. II. Nouvelles études sur la diffraction. — Théorie de la dispersion de Helmholtz*. Leçons professées pendant le premier semestre 1891-1892, par H. Poincaré, rédigées par M. Lamotte et M. Hurmuzescu (Cours de la Faculté des sciences de Paris, publiés par l'Association amicale des élèves et anciens élèves de la Faculté des Sciences. Cours de physique mathématique) (in-8°, 250 × 165 de vi-310 p.). Paris, Georges Carré, 1892. 41730

Poincaré (H.). — *Thermodynamique*. Leçons professées pendant le premier semestre 1888-89 par H. Poincaré, rédigées par J. Blondin (Cours de la Faculté des Sciences de Paris, publiés par l'Association amicale des élèves et anciens élèves de la Faculté des Sciences. Cours de physique mathématique) (in-8°, 250 × 165 de xix-432 p.). Paris, Georges Carré, 1892. 41731

Travaux et Mémoires du Bureau International des Poids et Mesures, publiés sous les auspices du Comité International, par le Directeur du Bureau. *Tome XII* (in-4°, 320 × 245). Paris, Gauthier-Villars, 1902. 41899

Sciences mathématiques.

FREYCINET (C. DE). — *Les principes de la mécanique rationnelle*, par C. de Freycinet (in-8° 230 × 240 de VIII-170 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1902. (Don de l'éditeur.) 41717

GÉRARD (G.-L.). — *Résistance des matériaux. Étude sur la stabilité des pièces chargées debout*, par Gustave L. Gérard (Extrait de la Revue universelle des Mines, etc. Tome LVII, 3ᵉ série, page 240. 46ᵉ année) (in-8°, 240 × 160 de 57 p.). Paris, H. Le Soudier. (Don de l'auteur.) 41875

SIMON (Éd.). PERSOZ (J.). — *Note présentée par M. Édouard Simon sur un procédé d'essai de la résistance à la pénétration de matières élastiques ou non, par M. Jules Persoz* (Extrait du Bulletin de Mars 1902 de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale) (in-4°, 275 × 225 de 16 p. avec 7 fig.). Paris, Philippe Renouard, 1902. (Don de l'auteur, M. de la S.) 41746

Sciences morales. — Divers.

Memoires de la Société Académique d'Agriculture, des Sciences, Arts et Belles Lettres du département de l'Aube. Tome LXV de la collection. Année 1901 (in-8°, 250 × 165 de 294 p.). Troyes, Paul Nouel. 41725

Technologie générale.

École Centrale des Arts et Manufactures. Portefeuille des travaux de vacances des Élèves publiés par la Direction de l'École. Années 1901-1902 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes) (album 560 × 380 de 52 pl.). Paris, Imprimerie et librairie des Arts et Manufactures, 1902. (Don de M. P. Buquet, Directeur de l'École.) 41710

Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie. *Publication in-extenso juin 1900, 300 676 à 301 654* (in-8°, 250 × 160). Paris, Imprimerie Nationale, 1902. 41740

GAUTIER (Ém.). — *L'année scientifique et industrielle*, fondée par Louis Figuier, *quarante-cinquième année, 1901*, par Émile Gautier (in-16, 190 × 120 de 439 p.). Paris, Hachette et Cⁱᵉ, 1902. 41735

JORDELL (D.). — *Répertoire bibliographique de la Librairie française*, rédigé par D. Jordell. Années 1900 et 1901 (2 vol. in-8°, 245 × 155). Paris, Per Lamm, 1901 et 1902. 41895 et 41896

LORENZ (O.) et JORDELL (D.). — *Catalogue général de la Librairie française*, rédigé par Otto Lorenz pour les années 1840 à 1885 (11 vol. in-8°, 245 × 155). Continuation de l'ouvrage d'Otto Lorenz. Rédigé par D. Jordell pour les années 1886 à 1899. (4 vol. in-8°, 245 × 145). Ensemble 15 volumes pour la période 1840-1899 (le 15e volume est à l'impression). Paris, librairie Nilsson ; Per Lamm, successeur. 41880 à 41894

Travaux publics.

Association Internationale pour l'essai des matériaux. Congrès de Budapest 1901. Rapports présentés au Congrès, (40 brochures in-8°, 255 × 155). Zurich, 1901, (Don de M. L. Tetmajer, président de l'Association.) 41879

BRET (E.). — *L'arrosement de la voie publique à Paris*, par E. Bret (Extrait du journal Le Génie Civil) (in-8°, 240 × 155 de 21 p. avec 18 fig.). Paris, Publications du journal Le Génie Civil, 1902. (Don de l'auteur). 41745

Cahier de charges pour la fourniture de métaux et pièces finies. Circulaire du Comité technique de la Marine Impériale Russe (8 mars 1900, N° 2) (in-8°, 210 × 115 de 77 p.). (Ouvrage en russe et français.) Saint-Pétersbourg, 1901. (Don de M. J. de Kannegiesser, M. de la S.) 41722

Revue générale de la construction métallique et de la serrurerie. Année 1901. (in-4°, 320 × 225 de 384 p. avec 88 fig. et 23 pl.). Paris, Ve Ch. Dunod. (Don de M. L. Griveaud, M. de la S.) 41854

EMPERGER (F.). — *Neuere Bauweisen und Bauwerke aus Beton und Eisen. II Theil. Eine Belastungsprobe mit Decken nach System Hennebique*, und die Kritik Von Hofrath Professor J.-E. Brik hiezu Gegebenen Berechnung, Von Fritz von Emperger (in-4°, 335 × 235 de 18 p. avec 7 fig. et 1 pl.). Wien, Lehmann und Wentzel, 1902. (Don de M. F. Emperger.) 41878

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis, pendant le mois de mai 1902, sont :

Comme Membres Sociétaires, MM.

A.-L. Boisset,	présenté par MM.	J. Delaunay, P. Lebrun, Soreau.
R. Boury,	—	Becard, Desbrochers des Loges, Gaudin.
G.-A. Bouton,	—	Arbel, Auderut, Macaire.
H.-G. Chanoit,	—	Bordier, David, Naeder.
E.-Th. Ferat,	—	Bernard, Neu, Raquez.
E. Gouin,	—	Bodin, Forest, Sartiaux.
R.-M.-J. Legentil,	—	Beliard, Carimantrand, Moreau.
D. Macdonald,	—	Arbel, Auderut, Macaire.
E.-J. Marin,	—	Casalonga, Lavoix, Fouché.
M. Metayer,	—	Buquet, Hegelbacher, Imber.
A.-F. Pellerin,	—	Auquetin, Poulot, Balme.
J. Perez de Sanmillan,		De Sizzo Noris, Hoffer, Merzbach.
P. Samain,	—	Kern, Guillemant, Delage.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MAI 1902

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 2 MAI 1902

Présidence de M. L. Salomon, Président.

La séance est ouverte à neuf heures moins un quart.

M. le Président est heureux de saluer la présence, à la séance de ce soir :

De M. le général Pétroff, Membre du Conseil de l'Empire Russe, Président de la Société Impériale technique Russe, Membre honoraire de la Société;

De M. Bertin, Directeur du Génie maritime, Membre honoraire de la Société;

Et de M. le commandant Renard, de l'École d'Aérostation militaire de Chalais.

Il leur souhaite la bienvenue et les invite à prendre place au Bureau.

M. le Président, au sujet du procès-verbal de la précédente séance, a reçu deux lettres, l'une de M. Ch. Mardelet, l'autre de M. D.-A. Casalonga, toutes deux relatives à la communication de M. E. Bert.

Dans sa lettre, M. Mardelet demande à rectifier un point qui lui parait essentiel. M. Bert a dit qu'un moyen de tenir l'invention secrète pendant un an, sans cependant perdre le bénéfice de sa protection dans les pays unionistes, serait la demande d'une patente en Angleterre où l'on commence par prendre une patente provisoire de neuf mois, pour la compléter, peu de temps avant l'expiration de ce délai, par la fourniture de la description complète de l'invention avec tous les dessins nécessaires.

De cette sorte, il s'écoule bien un intervalle d'un an jusqu'au moment de la divulgation complète de l'invention.

Or, cette solution est en désaccord complet avec les sentiments exprimés dans les Associations telles que l'Association des Ingénieurs-Conseils. M. Mardelet cite à ce sujet l'opinion émise par Me Pouillet, le 4 avril 1900, dans une réunion de cette Association, d'après laquelle le brevet français devait être la reproduction de la patente *provisoire* pour bénéficier du droit de priorité.

Or, un tel brevet, sans dessins ni description détaillée, serait déclaré nul par les Tribunaux français. Si on demande de suite la patente définitive en Angleterre, le secret n'est gardé que deux ou trois mois. Dans les pays autres que l'Angleterre et la Belgique, des difficultés du même genre surgissent.

Il y aurait donc intérêt à ce que la Société des Ingénieurs civils de France se joignît aux autres Associations pour demander un amendement à la loi du 7 avril 1902, après l'adhésion à la Convention des puissances qui jusqu'ici sont restées en dehors.

C'est aussi du secret d'un an que parle M. Casalonga dans sa lettre. Il ne croit pas que ce soit la loi du 7 avril dernier qui puisse être rendue responsable des inconvénients qu'on reproche à ce secret. Quant à lui, il est partisan de cette mesure, tant qu'il y aura des pays non unionistes où l'inventeur français ne peut être protégé.

Ces deux lettres sont déposées au Secrétariat, à la disposition des Collègues qu'elles peuvent intéresser.

Le procès-verbal de la dernière séance est ensuite adopté.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la précédente séance. Cette liste sera publiée dans le prochain *Bulletin*.

Notre Collègue, M. E. Poillon, a obtenu pour sa grille à lames de persiennes à tirage forcé pour brûler les menus, une médaille d'argent au concours international de grilles ouvert à l'Exposition des charbons minéraux espagnols, de 1901, à Barcelone.

L'ordre du jour appelle la Communication de M. R. Soreau sur *la Navigation aérienne*.

M. R. Soreau commence par constater la différence entre l'état actuel des esprits et celui où ils se trouvaient en 1893, lorsqu'il apporta à la Société sa première étude sur la navigation aérienne : à cette époque, beaucoup d'esprits éclairés considéraient encore le dirigeable comme une utopie, et il se demandait, non sans appréhension, quel accueil des Ingénieurs feraient à un travail sur ce sujet; aujourd'hui les adeptes de la dernière heure sont devenus à ce point enthousiastes, qu'il est forcé de faire les plus expresses réserves sur le rôle que certains entrevoient pour le navire aérien.

Notre Collègue précise tout d'abord le programme de sa Communication. Ayant déjà traité la question d'une façon didactique dans ses Mémoires de 1893, de 1897 et de 1898, il préfère s'en tenir aujourd'hui à un examen plus fouillé de quelques points essentiels : rôle du vent et position exacte du problème; stabilité du ballon dirigeable et de l'aéroplane ; aperçus sur l'Aérodynamique.

Il démontre que le ballon ne lutte pas contre le vent, autrement dit qu'il y a indépendance absolue du navire par rapport à la vitesse du vent, quand le courant est régulier. Cette vitesse n'intervient que pour repérer sur le sol la trajectoire céleste, qui est toujours à la libre disposition du pilote dès que le navire a une vitesse propre, si petite qu'elle soit, et qu'en outre il possède une stabilité suffisante. Mais cette intervention est capitale, puisque c'est à la terre que nous attachent nos besoins, c'est sur la terre que se trouvent le point de départ et le point terminus du voyage. Or, tandis que la trajectoire céleste peut toujours être quelconque, la trajectoire terrestre, elle, ne saurait être quelconque que si la vitesse propre est supérieure à la vitesse du vent.

Mais les courants ne sont pas réguliers ; ils sont soumis à de perpétuelles pulsations, que M. Soreau analyse. Ces pulsations, très heurtées dans les bas fonds de l'atmosphère, surtout quand le sol présente de nombreuses aspérités, se régularisent avec l'altitude, au-dessus des océans ou des déserts, et dans les régions où les conditions atmosphériques ont le plus de stabilité. Elles ont alors une double périodicité dans le temps et dans l'espace ; M. Soreau estime que chaque molécule d'air, en même temps qu'elle est entraînée avec la vitesse moyenne V du courant, a, dans le sens général du déplacement, une vitesse propre δV qui obéit à une loi de la forme :

$$\delta V = f(V) \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$$

t étant le temps, x la distance de la molécule d'air considérée à un plan perpendiculaire à V, entraîné lui-même dans le déplacement général, λ et T la longueur et la durée de la période. Telle est sa théorie des *vagues aériennes*. Il montre que ce travail interne des courants est la source d'énergie nécessaire à l'oiseau pour se soutenir, pendant des heures, en l'absence de tout battement d'ailes ; puis il examine l'influence de ces pulsations sur le navire aérien.

Notre Collègue étudie ensuite avec beaucoup de détails la question si importante de la stabilité : stabilité verticale et stabilité de route. En particulier il met en évidence les principales causes du tangage : instabilité verticale du ballon ; vagues accidentelles qui se forment au sein de l'hydrogène au départ et à toute accélération de la vitesse ; vagues permanentes dues à la présence du ballonnet à air et à de curieuses pulsations de l'étoffe, dont la découverte est due au colonel Renard. Puis il indique les principales précautions pour assurer la stabilité : ballonnet à air parfaitement bien établi, avec un ventilateur d'un débit suffisant, à moteur indépendant ; forme en cigare avec cloisonnement intérieur ; arrêt rapide des déplacements verticaux ; rigidité de tout le navire ; rigidité du gouvernail. Il signale d'autres précautions de détail : hélice placée à l'avant ; gouvernail horizontal ; moteur placé près de la verticale qui passe par le centre de gravité et le point d'application de la force ascensionnelle, surtout si ce moteur a des trépidations ; emplacement du lest, des approvisionnements, du guide-rope, etc... Il montre ce qui a été fait en ce sens dans le ballon de MM. Renard et Krebs et dans ceux de M. Santos-Dumont ; pour ces derniers, il étudie quelques

dispositifs qui leur sont propres, et faire voir qu'il n'y a pas lieu de les imiter.

M. Soreau parle ensuite du navire aérien de l'avenir, l'aéroplane ; le plus lourd et le moins lourd que l'air ne sont pas, en effet, exclusifs l'un de l'autre ; les deux solutions se complètent. et correspondent à des phases différentes. Il rappelle les principales difficultés de l'aéroplane : nécessité (surtout si la voilure est formée d'un plan unique) d'en maintenir l'inclinaison dans des limites étroites, et de compenser les déplacements du centre de pression ; sujétions qui viennent de ce que l'aéroplane-navire se présente dans des conditions beaucoup plus difficiles que l'aéroplane-oiseau. Il indique comment l'emploi de surfaces courbes convenables, allongées comme le sont les ailes de l'oiseau, peuvent hâter la solution du plus lourd que l'air.

Notre Collègue passe ensuite à l'Aérodynamique. Il expose le programme des recherches que se propose de faire la Sous-Commission de la résistance de l'air, créée par la Commission permanente internationale d'Aéronautique, et fait appel au concours de ses Collègues pour l'œuvre si intéressante de cette Sous-Commission, présidée par le colonel Renard, qui compte des savants comme MM. Cailletet, Marey, Drzewiecki, commandant Renard, etc..., et dont M. Soreau est le rapporteur général.

Notre Collègue expose ses recherches sur l'influence de l'allongement des plans. A la suite d'études délicates guidées par des considérations théoriques, il a trouvé une formule qui synthétise, avec une grande approximation, les résultats des expériences de M. Langley relatives à la pression N_i qui s'exerce sur des plans d'allongements différents quand ils se déplacent en faisant un angle i avec leur trajectoire ; en désignant par $2h$ le côté du plan qui est dans le sens du mouvement, par $2l$ le côté perpendiculaire au déplacement, et en posant $m = \frac{l-h}{l+h}$, on a :

$$\frac{N_i}{N_{90}} = \sin i \left[1 + \frac{1 - m \operatorname{tg} i}{\frac{1}{(1+m)^2} + 2m \operatorname{tg} i + 2 \operatorname{tg}^2 i} \right]$$

Pour le plan carré, $m = 0$, et l'on retrouve la formule bien connue de Duchemin.

En ce qui concerne le point d'application de N_i, on n'avait jusqu'ici que les expériences de Joëssel, Ingénieur de la Marine, sur le déplacement des plans dans l'eau ; la formule de Joëssel était manifestement inexacte pour les plans notablement allongés. M. Soreau décrit les expériences qu'il a faites il y a quelques années dans la Seine, à Argenteuil, sur des plans ayant des allongements très divers. Dans le cas du plan carré, la formule prend la forme simple :

$$\frac{y_i}{h} = \frac{1}{2(1 + 2 \operatorname{tg} i)}$$

y_i étant la distance du centre de pression au centre de figure. Il est remarquable que cette formule, obtenue avec un plan se mouvant dans l'eau, donne, avec une approximation presque parfaite, les résultats

obtenus par Langley sur un plan de dimensions beaucoup plus petites qui se déplaçait dans l'air.

Notre Collègue dit, en terminant, que les questions si intéressantes soulevées par la navigation aérienne appartiennent essentiellement à l'art de l'Ingénieur; aussi est-ce par des Ingénieurs, et par des Ingénieurs français, que le problème a été amené au point où il en est : c'est une double constatation qu'il lui est agréable de faire devant la Société des Ingénieurs Civils de France.

M. le Président, vu l'heure très avancée, ne peut ouvrir la discussion sur ce sujet si passionnant. Cette discussion fera l'objet d'une séance spéciale. Il sera ainsi possible de lui donner toute l'ampleur qu'elle comporte. Mais il remercie, dès maintenant, M. Soreau d'avoir apporté ici le résultat de ses très curieuses expériences et le félicite, en son nom comme en celui de la Société, de la méthode avec laquelle il poursuit ses recherches dans cette science nouvelle, et des résultats auxquels il est déjà arrivé. C'est avec grand plaisir qu'il est heureux de faire cette constatation.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de :

M. R.-A. Boury, comme Membre Sociétaire, et de :

M. A.-L. Boisset, comme Membre Associé.

MM. G.-A. Bouton, H.-G. Chanoit, E.-T. Férat, E. Gouin, R.-M.-J. Legentil, D. Macdonald, E.-J. Marin, M. Métayer, A.-F. Pellerin, J. Perez de Sanmillan, P. Samain, sont reçus comme Membres Sociétaires.

La séance est levée à 11 heures trois quarts.

Le Secrétaire,
Georges Courtois.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 16 MAI 1902

Présidence de M. L. Salomon, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

M. le Président, à l'occasion du procès-verbal de la dernière séance, annonce qu'il a reçu une lettre de M. E. Bert, en réponse à celle de M. Mardelet, lue à la séance du 2 mai.

Dans cette lettre, M. E. Bert constate que M. Mardelet ne conteste pas que, par le fait de l'extension à un an du délai de priorité de la Convention internationale de 1883, les étrangers vont pourvoir obtenir, en France, des brevets avec un effet rétroactif d'un an pour des inventions que les industriels français auront été le plus souvent dans l'impossibilité de connaître ; il s'élève seulement contre le délai de secret d'un an, accordé également par la loi du 7 avril dernier aux inventeurs qui déposent directement leur brevet en France, et il prétend que ceux-ci n'auraient pu arriver à ce secret indirectement et par un moyen détourné, par exemple en demandant d'abord une patente provisoire en Angleterre.

M. Mardelet affirmait qu'un brevet pris dans ces conditions, en France, serait déclaré nul par les tribunaux français. C'est contre cette allégation que M. Bert proteste; une patente provisoire anglaise pouvant être accompagnée d'autant de dessins et d'une description aussi détaillée qu'on le désire, le brevet français qui reproduirait cette patente serait parfaitement valable en France. Mais, même en dehors de ce cas particulier, M. Bert soutient que l'inventeur français voulant bénéficier du secret d'un an, n'aurait eu qu'à commencer par effectuer son dépôt dans l'un des dix-huit pays de l'Union. Par le seul fait de ce dépôt, quand on viendra prendre ensuite en France un brevet identique dans l'année qui suit, l'invention se trouvera brevetée chez nous avec effet rétroactif d'un an pendant lequel elle aura pu être gardée secrète pour les industriels français. Cette lettre, déposée au Secrétariat, est à la disposition des Collègues qui voudraient en prendre connaissance.

Toujours à propos du procès-verbal de la précédente séance, M. le Président signale qu'une erreur d'impression s'y est glissée.

A l'ordre du jour des séances à venir il a été porté les dates des 2 et 16 juin. Il faut lire 6 et 20 juin.

La rectification de l'erreur ci-dessus sera faite en temps utile, dans le procès-verbal de ce jour.

Sous réserve de ces deux observations, le procès-verbal de la séance du 2 mai est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer à la Société le décès de :

M. Jeanteur, Membre de la Société depuis 1898, Président du Conseil d'administration de la Société anonyme des ateliers Thomé-Genot;

Et de M. J. Allard, Membre de la Société depuis 1888, Entrepreneur de Travaux publics.

Il adresse à la famille de nos regrettés Collègues les sentiments de condoléances de la Société.

M. le Président a le plaisir d'informer la Société que M. L. G. Worms a été nommé chevalier du Mérite agricole et lui adresse ses félicitations.

M. le Président dit que M. J. Rudgers nous a adressé une lettre faisant suite à la communication de M. Besson sur le créosotage des traverses, qui a eu lieu dans la séance du 19 juillet 1901.

Dans cette lettre, M. Rudgers donne quelques détails complémentaires, et se met à la disposition de ceux de nos membres qui auraient l'occasion de se rendre en Allemagne, pour leur faire visiter ses usines.

M. le Président remercie M. Rudgers et ajoute que cette lettre sera annexée au dossier relatif à la question du créosotage des bois.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance; cette liste sera insérée dans le prochain *Bulletin*.

M. le Président est heureux d'annoncer que M. Macdonald, récemment admis à la Société, vient de faire don d'une somme de 39 *f*, et l'en remercie vivement.

M. le Président fait connaître à la Société qu'une conférence-visite à l'Exposition de l'alcool aura lieu samedi 31 mai à 9 heures trois quarts, à la galerie des Machines.

Des conférences seront faites par MM. de La Valette, Arachequesne et Ringelmann. Une circulaire sera annexée au procès-verbal du 16 mai, à titre de supplément, pour donner les indications sur cette conférence-visite.

La Société industrielle du Nord de la France décernera, dans sa séance publique de janvier 1903, des récompenses aux auteurs qui auront répondu d'une manière satisfaisante au programme des diverses questions énoncées dans le règlement du concours qu'elle a ouvert pour l'année 1902.

Ce règlement est déposé à la Bibliothèque, à la disposition des Membres de notre Société qu'il pourrait intéresser.

M. le Président rappelle que dans les séances des 12 avril, 19 novembre et 6 décembre 1901, la Société a été informée que la Société des Ingénieurs allemands procédait à l'établissement d'un *Dictionnaire technologique* en trois langues, français, allemand et anglais (*Technolexique*).

Un certain nombre de nos Collègues ont répondu à cet appel en se faisant inscrire, à cette époque, comme collaborateurs.

La Société des Ingénieurs allemands nous demande de bien vouloir.

encore une fois, insister auprès de tous pour obtenir leur concours. Il s'agit, en effet, d'une œuvre d'étendue considérable qui demandera un temps assez long pour la mener à bien, mais qui est certainement destinée à rendre les plus grands services.

Les Membres de la Société, désireux de s'associer à ce travail, sont priés de se faire inscrire au Secrétariat, qui donnera leurs noms à la Société des Ingénieurs allemands. Ces derniers se mettront directement en rapport avec nos Collègues.

L'ordre du jour appelle la communication de M. R. Tavernier *sur l'Utilisation des chutes d'eau, notamment dans les Alpes françaises.*

M. le Président, avant de donner la parole à M. R. Tavernier, dit qu'à diverses reprises, mais pour des cas particuliers, il a été question à la Société des Ingénieurs civils, de l'utilisation des chutes d'eau que nous possédons en France assez abondamment dans les Alpes et dans les Pyrénées, notamment. Cette question est, pour la France, des plus intéressantes, puisque nous sommes obligés d'avoir recours à l'étranger pour plus du quart de la consommation de la houille.

M. Tavernier, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, qui, depuis plusieurs années, s'est occupé de la question de l'utilisation des chûtes d'eau, a bien voulu accepter de venir, ce soir, nous faire part de son expérience si étendue et si complète à ce sujet. M. le Président tenait à l'en remercier à l'avance et est heureux de lui céder la parole.

M. René Tavernier expose, dans son ensemble, la question de l'utilisation des forces hydrauliques en France, et plus particulièrement dans les Alpes françaises. Cette question est très complexe. Elle intéresse, pour la régularisation des écoulements, l'Ingénieur hydraulicien et le forestier. Par suite de la solidarité des emplois de toute nature, privés ou publics, auxquels se prête l'énergie hydro-électrique, elle pose à l'économiste et au législateur un problème ardu, qui ne pourra être bien résolu, que si les données techniques en sont parfaitement élucidées. La Société des Ingénieurs Civils de France, qui groupe toutes les compétences, est donc bien qualifiée pour la mettre à l'étude.

L'inventaire des forces hydrauliques est une opération délicate à peine commencée ; on peut évaluer très approximativement à 3 millions de chevaux la puissance hydraulique totale en basses eaux, de la région comprise entre les Alpes et le Rhône. Les grandes usines hydrauliques récemment aménagées utilisent, en sus des eaux d'étiage, une certaine proportion des eaux moyennes ; elles sont donc soumises à des intermittences qu'on doit chercher à corriger.

M. Tavernier décrit, en citant quelques exemples et projetant quelques photographies, les principales dispositions techniques *des usines hydrauliques* de la région de Grenoble : la prise d'eau, les chambres de décantation, les conduites forcées et les turbines. Les hauteurs de chute peuvent atteindre 5 à 600 *m* ; c'est M. Bergès de Lancey qui a le premier aménagé des chutes de 500 *m* pour les besoins de sa papeterie.

M. Tavernier passe en revue les utilisations variées auxquelles on peut recourir pour tirer bon parti de sources d'énergie dont le caractère essentiel est en général d'être continue, et ne pas entraîner plus de

dépenses lorsqu'elles fonctionnent que lorsqu'elles chôment. Il faut, pardessus tout, rechercher des emplois complémentaires. C'est, en résumé, vers les transports à distance, vers la constitution de vastes réseaux de distribution desservant solidairement un grand nombre d'industries variées et pouvant au besoin grouper plusieurs usines qui se suppléent et se complètent, que paraissent s'orienter les entreprises hydro-électriques.

Ces entreprises ont besoin pour prospérer de la liberté commerciale et industrielle, mais, en même temps, il ne semble pas que la concurrence puisse y jouer un rôle durable.

Les réformes législatives, projetées, ont pour objet principal de donner aux entreprises hydro-électriques, les facilités d'expropriation sans lesquelles elles ne peuvent plus aujourd'hui se développer rationnellement et tout en procurant aux services publics certaines garanties, de sauvegarder la liberté industrielle et de respecter les situations acquises, de façon que dans le partage de la richesse hydraulique, chacun puisse prendre la place qui, économiquement, lui revient.

Autour de ce difficile problème, une vaste enquête se poursuit spontanément dans tous les milieux. Il vient d'être l'objet, à la Société d'études législatives, d'une discussion très approfondie.

En attendant qu'il soit résolu, M. Tavernier indique la possibilité de provoquer des lois spéciales, qui constitueront le meilleur acheminement vers la loi générale projetée.

M. le Président remercie vivement M. Tavernier d'avoir bien voulu nous faire part des résultats de tous ses travaux. Il vient de passer successivement en revue la statistique des forces hydrauliques de la France, les installations, puis les prix de revient, les débouchés industriels et les utilisations diverses pour les services publics. Puis il a dit quelques mots des réformes en projet pour légiférer sur cette question si importante et, à la fois, si intéressante de la meilleure utilisation des chutes d'eau.

Cette question a déjà donné lieu à des discussions très intéressantes, qui sont relatées dans les comptes rendus de la Société d'Économie politique et d'Économie sociale de Lyon et auxquelles M. Tavernier a pris part. Sur ce point, M. Tavernier ne s'étonnera pas si la Société des Ingénieurs civils de France, qui aime et défend la liberté industrielle, ne partage pas absolument toutes les idées qu'il a émises à cette époque.

Mais M. le Président est très heureux de les avoir vu exposer par un représentant aussi autorisé que M. Tavernier, et il espère bien que de nouvelles communications sur ce sujet seront provoquées par des membres de la Société. On pourra alors ouvrir une discussion à laquelle M. Tavernier sera invité de prendre part.

La parole est à M. H. Pérès pour sa communication *sur l'Exploitation des gisements aurifères à Madagascar*.

M. H. Pérès résume les observations qu'il a faites au cours d'un long séjour à Madagascar sur l'exploitation des gisements aurifères dans notre nouvelle colonie.

Ces gites peuvent se répartir, au point de vue géologique, en trois types différents, les gneiss et quartzites, les terres rouges et, enfin, les alluvions.

Après un aperçu sur les procédés d'extraction de l'or, employés par les indigènes, M. Pérès donne des détails intéressants sur les teneurs des divers gites aurifères.

Il termine en montrant l'importance que prend le nombre des travailleurs indigènes dès que l'on veut extraire des poids notables du métal précieux. Il résulte, en effet, de nombreuses observations, que les quatre cinquièmes des chantiers, comprenant chacun une batée, et de deux à quatre hommes, n'arrivent par jour qu'à une production inférieure à un demi-gramme d'or.

Le récent décret du 22 février 1902, qui s'est substitué récemment au décret du 17 juillet 1896, réglemente l'exploitation de l'or dans l'île.

Ce sont les procédés indigènes qui demeurent encore employés à l'exclusion d'autres, plus perfectionnés mais plus coûteux ; aussi, la question de la main-d'œuvre joue-t-elle le principal rôle sur ces exploitations.

Comme conclusion, on peut dire que ces placers, qui sont pauvres par suite de la faible teneur d'or et du cube restreint et irrégulier à laver, ne relèvent pas de la grande industrie aurifère, ceci dit, jusqu'à concurrence tout au moins, de la découverte de gisements nouveaux et riches.

M. le Président félicite M. Pérès des recherches auxquelles il s'est livré sur l'état de l'industrie de l'exploitation de l'or dans notre nouvelle colonie, et le remercie d'avoir songé à en faire part à la Société.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. C. Bardot, L. Brandon, E. Delafond et P. Desombre, comme Membres sociétaires.

M. R.-A. Boury est admis comme Membre sociétaire et

M. A.-L. Boisset, comme Membre associé.

La séance est levée à 11 heures et demie.

Le Secrétaire,
Georges Courtois.

AVIS IMPORTANT

Prix Henri Schneider.

M. le Président rappelle qu'en 1900, à l'occasion de l'Exposition, la famille de M. Henri Schneider, en souvenir de notre regretté Collègue, a fait don à la Société d'une somme importante destinée, pour une partie, à être affectée à notre fonds de secours et, pour le surplus, à distribuer sept prix de 5 000 *f* chacun, dans des conditions qui vont être rappelées.

Par suite du temps demandé par les formalités administratives, la régularisation n'a pu s'effectuer que tout récemment.

Aussitôt que cette régularisation a été terminée, et que nous sommes entrés en possession de ce don, les Jurys des prix se sont constitués et ont commencé leurs opérations.

M. le Président porte à la connaissance de nos Collègues les conditions d'attribution de ces prix, résumées dans le Règlement ci-dessous; il invite tous les membres de la Société à lire attentivement ce Règlement et à lui signaler, le plus promptement possible, et en tout cas avant le 15 juin prochain, les noms des *Auteurs d'ouvrages répondant aux conditions du règlement*, qu'ils croiraient pouvoir être utilement inscrits sur la liste des candidats.

Voici les règlement et conditions sus-indiqués :

I

Conditions générales des Prix Henri Schneider.

1° — 35 000 *f* à distribuer à l'occasion de l'Exposition, en sept prix de 5 000 *f*, pour les sept catégories ci-dessous, chaque prix de 5 000 *f* étant destiné à récompenser l'*auteur de l'ouvrage publié en France depuis une période de quarante ans, écrit ou traduit en français*, jugé par la Société des Ingénieurs civils de France, *le plus utile au développement, en France, de la branche d'industrie* faisant l'objet de la catégorie du prix.

Ces sept catégories sont relatives :

La 1re, à la Métallurgie;
La 2e, aux Mines;
La 3e, à la Construction mécanique;
La 4e, aux grandes Constructions métalliques;
La 5e, aux Constructions électriques;
La 6e, aux Constructions navales;
La 7e, à l'Artillerie et aux Défenses métalliques de terre et de bord.

Une médaille d'or frappée spécialement et dont la valeur ne devra pas dépasser 400 *f* sera remise avec chaque prix;

2° — 25 000 *f* qui, placés par les soins de la Société des Ingénieurs civils de France, en immeubles, rentes sur l'État, ou obligations de Chemins de fer français garanties par l'État, devront permettre, en y ajoutant les intérêts accumulés pendant quinze ans, de procéder à nouveau, dans quinze ans, à une distribution de sept prix de 5 000 *f* dans des conditions identiques à celles relatées plus haut et pour des ouvrages publiés pendant cette période de quinze ans.

II

Conditions régissant l'inscription, sur la liste, des ouvrages pouvant concourir.

Article premier. — Tout ouvrage doit, pour être inscrit :

1° — Avoir contribué, soit par la théorie, soit par la pratique, au développement de la branche d'industrie faisant l'objet de la catégorie du prix correspondant ;

2° — Dater au plus de 1860 ;

3° — Avoir été écrit en français ;

4° — Avoir été publié en France ;

5° — Si c'est un ouvrage étranger, avoir été traduit en français et la traduction publiée en France.

Art. 2. — 1° — L'auteur devra être vivant ;

2° — Aucun ouvrage d'auteur décédé ne sera inscrit, même si la publication en français avait été faite par les membres de la famille ou par le traducteur encore vivant ;

3° — Le traducteur, en aucun cas, n'est considéré comme pouvant remplacer l'auteur.

Art. 3. -- Sera inscrit, sous les deux conditions précédentes, tout ouvrage de *Théorie* ou de *Pratique* répondant aux conditions suivantes .

1° *Ouvrage théorique.* — La théorie devra être suffisamment complète, et son exposé tel, que les conséquences pratiques en découlant auront pu être mises immédiatement en application ;

2° *Ouvrage pratique.* — Les procédés, étudiés et décrits, devront avoir produit, dans la branche correspondante, un perfectionnement important ayant développé cette industrie.

VOIES DE COMMUNICATION

ET

MOYENS DE TRANSPORT

A MADAGASCAR

LEUR ÉTAT ACTUEL — LEUR AVENIR

PAR

M. F.-C. TAUPIAT-DE SAINT-SIMEUX

Cette communication a pour but de compléter les conférences du 4 mai 1900, de M. J.-J. Marié, sur les projets qui étaient alors en cours d'exécution, et de M. J. Delaunay, du 1er février 1901, sur le canal des Pangalanes, exécuté par la Compagnie des Messageries françaises de Madagascar.

Route de Tamatave à Tananarive.

Nous examinerons d'abord la route dite de l'Est, qui rejoint Tamatave, le grand port du versant oriental, à Tananarive, capitale de l'île de Madagascar, située à peu près au centre, à une altitude de 1 370 *m*. La route de l'Est comporte deux grandes parties : une partie fluviale, de Tamatave à Mahatsara, sur 108 *km*, une partie terrestre de Mahatsara à Tananarive sur 241 *km*.

Tamatave est le meilleur port ou plutôt le moins mauvais de toute la côte orientale de l'île de Madagascar, après Mahéla, et c'est plutôt une bonne rade foraine qu'un port. Cette rade foraine s'étend en forme de demi-cercle entre la pointe Hastie et la pointe Tanio. Elle est protégée par le grand Récif et le récif de la Pointe, déterminant deux passes, la passe du Nord où mouillent les bateaux de guerre, et la grande Passe par où entrent et mouillent les grands bateaux du commerce. Tamatave est muni de deux phares installés à la pointe Hastie et à la pointe Tanio.

La hauteur moyenne des marées de Tamatave est de 1,80 *m*.

Son commerce général a été, pour l'année 1900, de 17 millions de francs. De nombreuses améliorations ont déjà été apportées au port de Tamatave. La Société de Constructions métalliques de Levallois-Perret y a monté, sous la direction de M. Flanedroit, un warf métallique de 300 *m* de longueur, auquel pourront accoster les bateaux du plus fort tonnage et muni, en outre, à son extrémité, de deux grues puissantes de 3000 *kg*. Entre la pointe Hastie et ce warf, le service des Travaux publics a construit des quais qui servent surtout à protéger la ville contre les empiètements de la mer. Enfin un troisième phare est projeté à l'île aux Prunes où se trouve déjà le lazaret. Malheureusement, malgré ces améliorations et beaucoup d'autres qui pourront être faites par la suite, on n'arrivera jamais à faire de Tamatave un port bon et sûr. Les raz de marée et les cyclones y sont nombreux et d'une extrême violence. Aussi, pendant la mauvaise saison, les bateaux de commerce sont-ils constamment sous pression pour prendre le large à la moindre alerte et les bateaux de la Division française de l'Océan Indien vont-ils se réfugier à Diégo-Suarez. Enfin, la peste y est à l'état endémique.

De Tamatave pour gagner Ivondro, à 12,500 *km*, on utilise un chemin de fer à voie étroite de 1 *m*. Le seul pont du Manangarèze sur ce trajet est aujourd'hui un pont métallique. Le matériel de traction de ce chemin de fer est à changer, car ce sont des locomotives pour travaux publics et non pour traction intensive. Quant au matériel roulant, il laisse beaucoup à désirer. Tel qu'il est, on l'utilise avec plaisir, tout en souhaitant ardemment son amélioration. Les gares des Pangalanes de Tamatave et d'Ivondro sont tout simplement des hangars, avec lanterneaux, à ossature métallique, recouverts et bordés de tôles ondulées pour protéger voyageurs et marchandises contre le soleil et les pluies très abondantes de cette région.

Route fluviale. — C'est à Ivondro que commence véritablement la partie fluviale de la route et que l'on s'embarque sur les chaloupes qui font le service jusqu'à Mahatsara. Nous ne dirons rien de l'exécution et des travaux du canal des Pangalanes, priant nos collègues de vouloir bien se reporter pour cela à la conférence très documentée de M. Delaunay. Nous dirons simplement : que l'entretien de ce canal, à la charge du concessionnaire, sera très onéreux, qu'en beaucoup d'endroits les chaloupes actuelles, qui cependant ne calent pas plus de 1 *m*, touchent le fond et qu'il

faudra constamment draguer pour assurer des chenaux dans les lacs, d'autant que les fonds de ces lacs sont des fonds très mouvants et que leur étiage est extrêmement variable.

Le matériel actuellement en service sur ce canal des Pangalanes a besoin de sérieuses améliorations. Ce sont des bateaux très petits sur lesquels il est absolument impossible de circuler, n'offrant qu'un espace absolument insuffisant pour abriter tous les passagers en cas d'intempéries, et sur lesquels il faut emporter sa nourriture froide, car il n'existe même pas un fourneau pour se faire chauffer quoi que ce soit. Quand le voyage ne dure qu'un jour, passe encore; mais il arrive quelquefois qu'on s'échoue, et qu'alors on reste trois et même quatre jours sur ces bateaux, dans des conditions absolument déplorables. La plus élémentaire précaution commande de se munir de vivres pour plusieurs jours. Les dimensions du canal reliant Ivondro à Andévoranto sont de 15 *m* de largeur au plafond, avec une profondeur minimum de 1 *m* sur tout le parcours.

D'Andévoranto pour aller à Mahatsara on remonte l'Iaroka sur une longueur de 8 à 9 *km*.

Le prix de transport d'une tonne de marchandises, sur le canal des Pangalanes, est de 52 *f* environ. Le prix des passages est, en première classe, de 52 *f*, en seconde de 40,80 *f*.

Route terrestre. — C'est à Mahatsara (109 *km* de Tamatave), sur la rivière Iaroka, que se termine la partie fluviale de la route et que commence le ruban terrestre de 242 *km* qui vous fait monter à Tananarive.

Les caractéristiques de cette route terrestre de l'Est sont :

Largeur entre fossés . . . *m*	5
Empierrement.	3
Déclivité maxima	0,12
Rayons minimum	10

La route est ouverte à la circulation depuis le 1er janvier 1901.

Elle est complètement empierrée sur toute sa longueur; cet empierrement a été malheureusement fait à la dame en bois, ou avec de mauvais rouleaux de bois cerclés de fer. Ce sont là des moyens absolument insuffisants, étant donné surtout le régime très pluvieux des régions que la route traverse.

Elle comporte des fossés pour l'écoulement des eaux. En certains endroits exposés, les fossés sont revêtus de pierres et on y trouve aussi des contre-fossés.

Elle est munie de tous ses ponts et ponceaux qui sont tous en bois. Cependant, les deux premiers ponts de la route, qui sont les deux ponts de Mahéla et de Maromby, sont métalliques et viennent d'être mis en place sous la direction de M. Masson, officier d'administration d'artillerie coloniale. Le grand pont sur le Mangoro, qui devrait avoir 110 *m* de long et constituer le plus beau travail d'art de la route manque, de sorte qu'on est obligé, à l'heure actuelle, de traverser cette rivière sur un bac. Ce bac constitue un moyen de transport onéreux, lent et dangereux, et il est vraiment regrettable qu'on n'ait pas exécuté ce pont qui aurait véritablement achevé la route.

La route de l'Est comporte, au point de vue de l'allure générale et de la construction, trois grandes divisions :

1° De Mahatsara à Ampasimbé (60 *km*), la route a été faite par les soins du Génie et commencée en octobre 1897 en vue de l'établissement d'un chemin muletier dont la largeur a été plus tard portée à 5 *m*. On y rencontre des pentes très fortes et nombreuses, des tournants très brusques avec des ponceaux mal placés. L'empierrement, fait avec du quartz sur la majeure partie du parcours, laisse beaucoup à désirer, car ce quartz, même cassé assez fin, ne s'agglomère pas facilement avec la terre environnante. C'est dans ce tronçon qu'on rencontre le plus grand pont de la route de l'Est, le pont d'Ampasimbolo, sur la Mahéla. Ce pont, de 120 *m* de long, est entièrement en bois, avec chevalets, garde-fous, trottoirs et tablier en bois. La rivière est profonde et a des crues dangereuses; aussi est-on obligé de souvent consolider et réparer ce pont dont la solidité est douteuse.

C'est également sur ce tronçon que se trouve la fameuse côte du Camp des Vents (au 145e kilomètre, un peu au delà de Santaravy). La pente générale de cette côte est de 11 0/0. Mais, si on veut bien se rendre compte que la chaussée, plus ou moins bien établie, n'est pas absolument plane, on ne sera pas surpris d'y trouver certains raidillons, très courts évidemment, mais dont la pente dépasse de beaucoup 12 0/0. Les coudes y sont très brusques, l'empierrement très bombé et raviné, de sorte que tous les modes de traction y sont difficiles; ainsi, pour les voitures à traction animale, les animaux placés en flèche ayant

une direction très oblique par rapport à celui placé entre les limons ne servent absolument qu'à gêner ce dernier. D'ailleurs, le service du Génie militaire a dû reconnaitre lui-même tous ces inconvénients, puisqu'une déviation est actuellement en cours d'exécution sous la direction de M. Masson, et que peut-être même cette déviation est-elle déjà livrée à la circulation.

2° D'Ampasimbé à Ambatoloana, l'ancien Ankéramadinika (130 *km*), la route a été construite par le Génie militaire, et la construction de ce tronçon lui fait le plus grand honneur. Malheureusement, elle traverse, sur la majeure partie de son parcours, la grande forêt où règnent des pluies fines et presque continuelles qui détrempent la chaussée, détériorent l'empierrement insuffisant, qui s'enlève par grandes plaques sous le passage des roues; et, les bas-côtés non empierrés étant détrempés, on a beaucoup de chance de s'y embourber si on s'écarte un tant soit peu du milieu de la route, comme cela arrive forcément pour le croisement de deux voitures.

D'Ampasimbé à Béforona et à Anévoka, la route est encore accidentée et, en particulier, à la sortie de Béforona, on trouve la longue côte de Marovolo. 5 *km* à 7 0/0.

D'Anévoka jusqu'à Moramanga, la route est parfaite comme tracé et comme exécution. On y trouve de grands alignements droits raccordés par des courbes de grands rayons, et les pentes y sont faibles. Cette portion doit, d'ailleurs, dans l'avenir, servir pour l'exécution du chemin de fer projeté entre Anivorano et Tananarive. De Moramanga au Mangoro, et au delà du Mangoro jusqu'à Sabotsy, la route est encore très bonne et, quoique présentant des pentes normales de route et non de chemin de fer, on y peut réaliser de très belles vitesses. Ce qui fait regretter encore bien plus l'absence du pont sur le fleuve Mangoro qu'on doit traverser en bac, ce qui est long et dangereux.

C'est un peu au delà de Sabotsy que commence la fameuse montée de la Mandraka, dont la longueur est de 14 *km*, et dont le tracé et la construction font le plus grand honneur au colonel Roques et aux officiers sous ses ordres. C'est une route à flanc de coteau, complètement taillée à vif dans le roc pendant des centaines de mètres, puis maçonnée pendant des longueurs de 30 à 50 *m* et plus au moyen d'appareillages de pierres parfaitement établis. La circulation est protégée, du côté du ravin, par des troncs d'arbres de 7 à 8 *m* de long, dont les extrémités sont encastrées dans des blocs de granit.

3° D'Ambatoloana à Tananarive (52 *km*), la route était très mauvaise. On y trouvait des pentes extrêmement fortes et longues, sans palier, mal établies, avec des raidillons nombreux et des tournants extrêmement courts, quelques-uns n'ayant même pas 5 *m* de rayon. La largeur de la route n'était pas de 5 *m*, et son empierrement atteignait 2 *m* tout au plus. Cet empierrement était, d'ailleurs, très défectueux, étant fait avec des cailloux de toutes grosseurs, non cassés, répandus sur la chaussée et un peu damés pour les y faire entrer. Cette portion avait été faite, dès les débuts de l'occupation française, par les officiers de l'infanterie coloniale dont il faut reconnaître le bon vouloir et le dévouement; mais, enfin, à chacun son métier. Des déviations s'imposent absolument sur ce tronçon : celle d'Ambatoloana à Ambohimangakély est à faire au plus vite; des renseignements officiels annoncent que ce sera un fait accompli en septembre prochain; celle d'Ambohimangakély à Alarobia est en cours d'exécution sous les soins d'entrepreneurs civils, M. Brusque; celle d'Alarobia à Tananarive est déjà livrée à la circulation.

Si on examine le profil en long de la route, au moyen d'une coupe en travers dans le versant oriental, on constate que l'exécution de cette route de la côte orientale était particulièrement difficile, les lignes de crêtes se présentant normalement à la direction de la route. Dans ses grandes lignes, la route présente trois paliers gigantesques, réunis entre eux par des talus très raides. Le premier palier, très peu large, est formé par la partie basse de la côte. Le second est formé par la vallée du Mangoro et les monts Betsimisaraka, d'une altitude de 1 000 *m*. Pour réunir ces deux paliers, les difficultés ont été très grandes; il a fallu recourir, dans beaucoup d'endroits, aux déclivités limites et aux courbes minimum, et ces difficultés ont été augmentées de la traversée d'une forêt épaisse. Le troisième palier est constitué par les hauts plateaux de l'Imérina, supportés par la chaîne de l'Angavo. La différence de niveau entre les deux paliers est de près de 600 *m*, et ces monts de l'Angavo semblent se dresser, de loin, comme une barrière infranchissable. C'est dans le talus extrêmement raide réunissant ces deux paliers qu'on trouve la montée célèbre de la Mandraka.

La partie terrestre de la route de l'Est a été exécutée exclusivement au moyen de prestations, et avec des procédés extrêmement rudimentaires. Les terres ont été enlevées et transportées

au moyen de sobikas (sortes de paniers en roseaux) et de peaux de bœufs.

Depuis le mois de juillet 1900 jusqu'en janvier 1901, de 20 à 30 000 travailleurs ont été employés aux travaux de cette route, sans compter ceux qui étaient en route, rentrant dans leurs foyers, ou venant remplacer leurs camarades sur les chantiers où ils ne devaient rester qu'un certain nombre de jours. La main-d'œuvre était exclusivement indigène. A l'heure actuelle, de nombreux travailleurs indigènes et chinois sont occupés à son entretien et à ses déviations.

Si on s'en rapporte aux chiffres fournis par *l'Officiel* de la colonie, on trouve que cette partie terrestre de la route a coûté 9 millions, et une fois les ponts métalliques posés, dit *l'Officiel*, ce qui est bien surprenant. Certaines personnes bien renseignées prétendent que cette route a coûté beaucoup plus, et quelques-unes vont jusqu'à prononcer le chiffre de 25 à 26 millions. Quoi qu'il en soit, il est un fait indéniable, c'est que son entretien sera extrêmement onéreux.

Certaines parties de la Mandraka ont coûté jusqu'à 400 000 *f* par kilomètre. Si, d'ailleurs, nous adoptons le chiffre de 9 millions, cela nous met le kilomètre, en moyenne, à 38.000 *f*.

Route de Majunga à Tananarive.

Nous examinerons maintenant la route appelée improprement route de l'Ouest (1), car sa direction générale est S. S.-E.—N. N.-O., qui rejoint Majunga, le grand port du versant occidental et le meilleur de toute l'île après celui de Diégo-Suarez, à la capitale Tananarive.

La route de l'Ouest, comme sa sœur de l'Est, comporte deux grandes parties : l'une fluviale de Majunga à Maevatanana ou Suberbieville sur 238 *km*, l'autre terrestre de Maevatanana à Tananarive sur 337 *km*.

Majunga est un excellent port, en eau profonde, situé à l'embouchure du Betsiboka, à l'entrée de la baie de Bombetoka, que les paquebots peuvent remonter jusqu'à 25 *km* dans l'intérieur. Il est de cinq jours de mer (escales comprises) plus rapproché de Marseille que ne l'est Tamatave et fait face à la côte Sud-Est du continent africain dont il est le point de transit obligé avec

(1) On l'a surtout appelée route de l'Ouest par opposition à la route de l'Est.

Madagascar. Il est affranchi, en toutes saisons, des cyclones et des raz de marée. Les grands paquebots mouillent sur des fonds de 10 à 25 *m* à 8 ou 900 *m* du wharf monté en 1895.

Majunga possède trois phares: un au Rova du promontoire rocheux d'Anorombato; un autre à l'extrémité de la pointe de Sable, minuscule presqu'île de quelques centaines de mètres, s'avançant timidement dans la baie comme pour en barrer l'entrée; un troisième enfin, à la pointe Katsèpe qui ferme l'entrée de la baie de Bombetoka. La portée de ce phare est de 35 milles et il permet l'entrée dans le port pendant la nuit. A signaler toutefois un clapotis assez fort et des courants de marée atteignant jusqu'à 4 et même 6 nœuds en saison des pluies.

La hauteur moyenne des marées à Majunga est de 4 *m*. Son commerce général pour l'année 1900 a été de 10 millions. Il est certain qu'avec quelques améliorations, et à peu de frais relativement, on peut faire de Majunga un excellent port à tous égards, destiné à devenir le port commercial le plus important de toute l'île.

Route fluviale. — Cette voie navigable très importante, formée par le Betsiboka, le roi des fleuves de la grande île, et son principal affluent l'Ikopa, peut se diviser en trois sections de régime différent:

Section maritime, de Majunga à Amboanio 25 *km*;

Section fluviale, navigable en toute saison, d'Amboanio à Marololo, 188 *km*;

Section fluviale, difficilement navigable pendant la saison sèche, de Marololo à Maevatanana, 25 *km*.

L'exploitation de la ligne fluviale ne constitue pas un monopole, et cependant une seule Société, la Compagnie coloniale des Mines d'or de Suberbieville et de la côte Ouest, l'assure encore à l'heure actuelle.

1° Sur la première section, qui constitue la traversée de la baie de Bombetoka, la Compagnie utilise le *Campan*, remorqueur de baie, bordé en bois sur membrure en fer, actionné par hélice; machine de 72 *ch*; chaudière Niclausse; longueur 14 *m*, largeur 3 *m*, calant 1,80 *m*, remorquant deux chalands de 30 *t*. On a vu des bateaux de 3 à 4 000 *t* de la Compagnie havraise Péninsulaire de Navigation à vapeur, qui, bien pilotés, remontaient la baie jusqu'à Amboanio pour y déposer leur cargaison. A la rigueur,

Amboanio pourrait donc constituer un second port, mieux abrité encore que Majunga, mais dont l'accès serait difficile : pour les embarcations fluviales, la baie étant souvent clapoteuse ; pour les grands bâtiments, à cause de la violence des courants qui contrarie leur navigation.

2° C'est à Amboanio, point de partage des deux premières sections, que s'opère le transbordement sur les canonnières fluviales.

L'une d'elles, le *Boéni*, est un remorqueur de baie et de rivière à deux roues à palettes, actionnées par deux machines inclinées de 50 *ch* ensemble ; chaudière type locomotive ; longueur 24 *m*, largeur 3,50 *m*, remorquant deux chalands de 15 *t* et portant lui-même 15 *t*.

Ce matériel de la Compagnie Suberbie est en fort mauvaise condition ; c'est, d'ailleurs, pour la majeure partie, le matériel de l'État qui a été utilisé et surmené pendant l'expédition de 1895 et vendu ensuite à la Compagnie. Il a besoin d'être renouvelé dans le plus bref délai. Cependant on y est moins mal qu'à bord du matériel correspondant des Pangalanes ; on y trouve au moins des cabines pour y installer un lit, un pont où on peut circuler et un fourneau pour faire cuire les aliments ; l'eau potable et le bois vous sont en principe fournis gratuitement, mais il est bon de se munir, largement de la première surtout.

Le parcours Majunga-Maevatanana s'effectue habituellement en trois jours ou trois jours et demi et le trajet contraire en une journée et demie ou deux.

Cette seconde section, d'Amboanio à Marololo, n'est navigable que pour les embarcations ne dépassant pas 0,50 *m* de tirant d'eau, mais permettant en toute saison d'atteindre Marololo.

Le Betsiboka est, comme beaucoup de fleuves africains, un très beau fleuve, qui même dans cette seconde section présente une largeur de 600 à 700 *m*. Ses eaux sont rouges et opaques, couleur de brique cuite ou jus de groseille ; son lit est sillonné de nombreux bancs de sable, dont la mobilité exige une navigation très prudente mais cependant facile.

3° Marololo est situé au confluent du Betsiboka et de l'Ikopa, et c'est jusqu'à Maevatanana qu'on remonte le cours de cette dernière rivière. Pendant la saison des pluies, on peut remonter jusqu'à Maevatanana avec les canonnières précédentes, mais, pendant la saison sèche, la rivière est souvent impraticable à ces embarcations et on est alors conduit à l'emploi des pirogues.

Ces pirogues sont en acier ou en bois, construites alors dans le pays, et les grandes peuvent porter jusqu'à 10 *t* de marchandises. Elles sont conduites par des mariniers indigènes qu'on appelle des Betsibokas, constituant une peuplade très curieuse Ces mariniers se servent de leurs longues perches d'une manière un peu différente de la nôtre : quand ils ont fini leur pesée, ils relèvent le bout dans l'eau en faisant pirouetter la perche pour plonger l'autre extrémité dans l'eau, et toujours ainsi tous ensemble. Ils marquent la cadence de leurs mouvements au moyen d'un chant particulier, lent et monotone, qu'on appelle le chant des Betsibokas. Le fleuve, comme tous les fleuves de Madagascar d'ailleurs, est infecté de caïmans et malheur au marinier qui tombe à l'eau : c'est un homme mort.

C'est donc par les pirogues que les marchandises atteignent Maevatanana. Les voyageurs les utilisent quelquefois aussi, à leur corps défendant, à moins qu'ils ne préfèrent suivre à pied ou en filanzana le sentier qui relie Marololo à Maevatanana en suivant le fleuve.

Les tarifs de cette voie fluviale sont : pour les passagers, de 95,20 *f* à la montée ou à la descente, pour l'État 71,40 *f*; pour les marchandises à la montée 95,20 *f* la tonne — pour l'État 71,40 *f* seulement et 47,60 *f* à la descente.

Route terrestre. — Maevatanana ou Suberbieville est le point de transit actuel entre la partie fluviale et la partie terrestre de la route de l'Ouest.

Les caractéristiques de cette route terrestre de l'Ouest sont :

Largeur entre fossés	5 *m*
Largeur d'empierrement.	3 *m*
Déclivité maxima.	0,08 *m*
Rayon minimum des courbes	25 *m*
Longueur	337 *km*

La route est ouverte officiellement à la circulation depuis le 15 janvier 1901, pour le premier tronçon de Maevatanana à Andriba, sur 109 *km*; depuis le 15 février 1901, pour le second tronçon d'Andriba à Ankazobé, sur 125 *km* ; depuis le 15 mars 1901, pour le troisième tronçon d'Ankazobé à Tananarive sur 103 *km*. Mais, dès le mois d'octobre 1897, des convois de voitures Lefebvre allaient sans rompre charge depuis Maevatanana jusqu'à

Tananarive, et le 16 septembre 1900, le Gouverneur général de la colonie descendit de Tananarive sur Maevatanana en automobile à la vitesse moyenne de 18 *km* à l'heure. C'était, en fait, la véritable inauguration de la première voie de communication reliant la capitale de l'île à la côte.

La route de l'Ouest n'est pas empierrée sur toute sa longueur ; elle l'est actuellement sur 30 *km* entre Tananarive et Mahitsy, peut-être encore sur d'autres points maintenant. Son empierrement total est prévu à brève échéance, en commençant par les parties basses et friables qu'on rencontre surtout dans le premier tronçon, entre Maevatanana et Andriba. Son tracé; sa présence sur le versant occidental où les saisons sèche et pluvieuse sont nettement tranchées, où la saison sèche dure d'avril en novembre. pendant huit mois; la nature du terrain, lui permettent très bien d'attendre cet empierrement et même de s'en passer à la rigueur. Après la saison des pluies, le terrain argilo-ferrigineux, détrempé par les pluies sur une certaine profondeur, se sèche rapidement sous l'action du soleil et du vent, se cuit même jusqu'à un certain point, et acquiert une dureté telle, que des voitures même pesamment chargées n'y laissent qu'une trace insignifiante. Sur certains endroits le sol se craquèle et forme comme une espèce de dallage naturel de grandes dimensions.

La viabilité de la route de l'Ouest peut d'ailleurs très bien être exprimée par les données ci-après :

1° Convois lourds de l'artillerie, marchant jour et nuit : vitesse moyenne, 5 *km* à l'heure ;

2° Convois légers (courrier de France), marchant jour et nuit : vitesse moyenne, 10 *km* à l'heure ;

3° Voyage en voiture du chef d'état-major, de Maevatanana à Tananarive (jour et nuit *pendant la saison des pluies*) : vitesse moyenne, 9 *km* à l'heure ;

4° Voyage en automobile du Gouverneur général (septembre 1900) : vitesse moyenne, 17,500 *km* à l'heure.

La route de l'Ouest est munie de fossés pour l'écoulement des eaux. En outre, la protection contre les éboulements est assurée par des fossés de garde déversant, autant que possible, leurs eaux dans les talwegs naturels situés du côté opposé à la route. Lorsque cette disposition n'a pu être adoptée, on y a suppléé par l'édification de dallots, de radiers, voir même de ponceaux

et caniveaux formés bien souvent de coffres de voitures Lefebvre retournés et placés l'un sur l'autre.

D'une façon générale, la terre des déblais est rejetée du côté extérieur de la route, où elle constitue une banquette de sûreté, coupée de saignées pour l'écoulement des eaux par la plate-forme.

Tous les ponts et ponceaux de la route de l'Ouest sont exécutés et mis en place, de sorte qu'on peut depuis longtemps parcourir cette belle route de 330 *km* sans aucune interruption. La plupart de ces ponts, et tous les plus importants en particulier, sont construits avec piles et culées en maçonnerie, travure en bois, et constituent de véritables ouvrages d'art. Evidemment, on ne peut pas les comparer aux grands ouvrages correspondants d'Europe, mais néanmoins tous ces beaux ponts ont été conçus et calculés par le capitaine Mauriès ou ses collaborateurs et exécutés, d'une façon remarquable d'ailleurs, par deux entrepreneurs civils, MM. Valat et Dumas. Si on se rend compte des difficultés énormes de main-d'œuvre, de provenance et de travail des matériaux, on ne peut s'empêcher d'admirer ces ouvrages d'art, qui constituent de véritables tours de force, faisant le plus grand honneur à ceux qui les ont menés à bonne fin. Ces ouvrages ont fait revivre tous les types de ponts en bois usités tant en France qu'en Amérique, ces types qui furent si en vogue dans les constructions rapides de voies ferrées russes et américaines, avant que les progrès de l'industrie eussent permis la substitution du fer au bois pour l'édification des ponts. C'est ainsi qu'entre Maevatanana et Tananarive on rencontre des ponts dérivés des types: Palladio, à fermes, à sous-poutres et contre-fiches ou à sous-poutres simples, en arc, à poutres à treillis en bois du système Howe, etc., etc.

Nous examinerons, non pas tous ces ponts, qui appartiennent presque tous à des modèles différents, mais un spécimen de chaque type de ces ponts, car, dans chaque cas particulier, on a adopté la solution rationnelle et convenant le mieux suivant les circonstances, la nature de la rivière et du terrain, les rives, les matériaux dont on disposait et le régime des cours d'eau franchis. On n'a pas adopté du tout un type uniforme de pont.

Pont sur l'Andranomangatsiaka. — C'est le premier de tous les ponts qu'on rencontre sur la route de l'Ouest (à 1 *km* de Maevatanana).

Pont de 20 *m* de portée, de quatre travées de 5 *m* avec culées et piles en maçonnerie, ces dernières ayant la forme lenticulaire pour le plus facile écoulement des eaux, surmontées de chevalets en bois entretoisés sur lesquels repose le tablier en bois de 4,40 *m* de largeur. De distance en distance régulière, des planches dépassent pour supporter les extrémités des croix de Saint-André en rondins de bois qui maintiennent verticales les poutres de rives et garde-fous.

Pont d'Andranobevava. — Très beau pont en maçonnerie et voûte composée d'une seule arche de 19 *m* de portée en ciment, travail absolument unique à Madagascar. Ce pont a été calculé et construit par les soins de M. Igert, officier d'Administration d'artillerie coloniale, à qui il a valu la croix de la Légion d'honneur; d'autant plus méritée que le tronçon de route exécuté par cet officier, et dans lequel se trouve compris ce pont, est des plus remarquables. Pour la construction de ce pont, on a entièrement barré le lit de la rivière avec de la terre, qui a constitué le cintre, et, sur laquelle on a mis simplement les planches destinées à recevoir le ciment. Des planches maintenues verticalement sur les côtés limitaient la largeur du pont. Une fois la coulée du ciment commencée, on a travaillé nuit et jour sans interruption avec les indigènes, ce qui a été véritablement un tour de force de main-d'œuvre indigène.

Muni de petits trottoirs en maçonnerie surmontés de garde-fous en fer forgé et gracieux, ce pont est des plus jolis et le plus beau de toute l'île, dans son genre.

Pont sur l'Androtra. — 23,90 *m* de portée. Culées et piles en maçonnerie supportant une travée centrale de 16,60 *m* en bois (largeur 5,30 *m*), complétée par deux petites travées extrêmes de 3,10 *m* et 3,90 *m*.

Pont viaduc d'Antanimbarindratsisourake. — Culées en maçonnerie, avec une énorme pile en maçonnerie divisant le pont en deux travées inégales; charpentes moisées et en bois équarris.

Pont d'Andranokely. — 28,60 *m* de portée, une travée médiane de 8 *m*, deux travées extrêmes de 8,30 *m*. Culées et piles en maçonnerie en pierres taillées et appareillées, pierres d'angles saillantes pour les culées, piles avec extrémités arrondies. Parapets d'accès en maçonnerie avec couronnements en pierres de taille.

Poutres renforcées avec jambes de force et contre-fiches, trottoirs et parapets en bois équarris et assemblés.

L'exécution et le fini de ce pont sont des plus remarquables et font le plus grand honneur au capitaine Dalbavie qui en a dirigé les travaux. Le tronçon de route construit sous les ordres de ce même officier est d'ailleurs merveilleux et constitue une véritable piste vélocipédique sablée avec pentes ne dépassant pas 3,5 0/0.

Les piles du pont d'Andranokely sont très hautes; c'est, d'ailleurs là encore, une des caractéristiques des ponts de la route de l'Ouest, car, pendant les quatre mois de pluie, les rivières sont grossies par des crues rapides, soudaines, considérables, nécessitant un soin particulier pour la construction des ponts, qui doivent être très élevés pour permettre l'écoulement facile d'énormes quantités d'eau.

Pont d'Andjiéjié sur l'Ampasiry. — Nous dirons d'abord, que 7 000 m^3 de remblais ont été nécessaires pour surélever la route dans les environs de cette rivière. Le pont est des plus curieux et des plus intéressants au point de vue de la résistance des matériaux avec ses poutres maitresses de forme parabolique ou d'égale résistance. La rivière charriant des corps flottants, il a fallu renoncer à établir une pile dans son lit et faire une portée de 22,20 *m*, suspendue à deux arcs en bois faits avec des planches juxtaposées à joints croisés, d'une épaisseur de 20 *cm* et d'une largeur double, ayant 80 *cm* aux extrémités. La mise en place a été très laborieuse. L'un des bouts de l'arc étant fixé, mille bouganes tiraient sur l'autre et courbaient la pièce par efforts successifs en arrosant le bois avec de l'eau chaude. Le tablier est suspendu à ces arcs au moyen de cercles de voitures Lefebvre, dont on a cherché ainsi à utiliser toutes les parties.

Pont de Béghisa sur le Marokoloy. — De 51,25 *m* de portée avec une travée principale de 20,25 *m*; a été fait avec deux fermes américaines, semelles en bois, renforcées par des garnitures en fer provenant des voitures Lefebvre. Le treillage habituel a été remplacé par des roues juxtaposées de ces voitures, boulonnées l'une à l'autre.

Pont sur le Ranomiangana. — De 24 *m* de portée divisée en deux travées inégales de 8,60 *m* et 14,10 *m*. Culées et piles en maçon-

nerie, dans lesquelles sont encastrées des pièces de bois étagées et frettées entre elles formant consoles, sur lesquelles reposent les poutres maîtresses du pont. Il est muni de trottoirs et de garde-fous en bois équarris et assemblés.

Pont du Kamolandy. — L'ancien pont du Kamolandy était un pont en bois non équarri, le plus long de toute la route (96 *m*). Il contenait plus de 150 m^3 de bois pris à plus de 12 *km* de distance. La portée du pont était divisée en douze travées de 8 *m* chacune. La hauteur du tablier au-dessus de l'étiage était de 5 *m*, la largeur de la chaussée de 4 *m*.

Les palées sont formées de trois poteaux ayant 0,40 *m* de diamètre en moyenne et réunis entre eux à l'aide d'une forte croix de Saint-André, d'un chapeau et d'une semelle solidement boulonnés; on creusa les trous à l'angady. Trois fermes sont placées entre deux palées successives, savoir : une ferme intermédiaire et deux fermes de rives; les fermes de rives comprennent deux arbalétriers, un poinçon et deux contre-fiches. Il n'a pas été besoin de tirants puisque la tendance à l'écartement se trouve combattue par la réaction. Les arbalétriers sont assemblés à « boulons », avec embrèvement, d'une part, dans les poteaux extérieurs des palées. Sur les arbalétriers sont posées deux pièces transversales jouant le même rôle que les fermes dans les couvertures, et divisant en trois parties la portée de chaque travée.

Ces fermes supportent les longrines du tablier; elles tendent à faire fléchir fortement les arbalétriers qui, pour s'opposer à cette flexion, sont soutenus au moyen de contrefiches obliques. Au-dessus du tablier, les poinçons en regard sont reliés l'un à l'autre par des croix de Saint-André qui contribuent notablement à la rigidité de l'ouvrage dans le sens transversal. Quant au tablier, il est formé de cinq rangs de longrines sur lesquelles reposent des rondins jointifs recouverts de terre fortement damée.

Le nouveau pont du Kamolandy est un très beau pont d'une portée totale de 82,50 *m*, divisée en six travées de 12,50 *m* chacune, culées et piles en maçonnerie avec soubassements et couronnements en pierre de taille. Le terrain consistant n'a été rencontré qu'à 5 *m* de profondeur et de grosses difficultés ont dû être vaincues pour l'exécution des fondations qui ont nécessité l'emploi de pompes d'épuisement et de pieux battus avec des sonnettes. Cet ouvrage, aussi remarquable par sa bonne exécu-

tion que par ses proportions, a été calculé et construit sous la direction du capitaine Liron, assisté de MM. Dumas et Valat.

Pont de Mangasoavina (aux environs d'Andriba). — 24,30 *m* de portée totale en deux travées de 15,75 *m* et 7,40 *m*, la principale sur le lit profond du fleuve. Pont très curieux, dont les poutres de rives comportent des fermes triangulaires, soutenant le tablier au moyen de fers de voitures Lefebvre. Ici encore il a fallu éviter l'encombrement du lit du fleuve.

Pont aux environs du Mamokomita. — Permettant de franchir une vallée étroite et encaissée au moyen de deux grandes consoles en charpente assemblée supportant les poutres maîtresses du pont, renforcées en leur milieu pour éviter encore une pile médiane.

Pont du Manankazo. — Les piles de l'ancien pont étaient constituées par des caissons faits de rondins jointifs et contenant des pierres sèches.

Le nouveau pont est dans le genre de celui du Kamolandy, mais de 44,50 *m* de portée seulement. Le lit de la rivière est encombré de roches sur lesquelles on a pu facilement établir les piles du pont.

Pont d'Ankazobé sur l'Andranobé. — La rivière étant ici très large, il a fallu faire passer la route sur une digue comprenant deux ponts aux endroits les plus profonds du lit de la rivière. Le plus grand des deux est un très beau pont avec piles et culées en maçonnerie, soubassements et couronnements en pierre de taille, charpente en bois avec tablier jointif, trottoirs, garde-fous en bois équarris et assemblés.

Enfin, les vues des ponts d'Antanimbary, d'Ambodivato, des ponts sur l'Amorontsefaka et sur le Marolambo montrent, ce qui a été dit précédemment, à savoir que, dans chaque cas particulier, on avait adopté une solution intelligente et rationnelle.

On se rend facilement compte, en parcourant la route de l'Ouest dans toute sa longueur, qu'il y a eu sur ce versant, contrairement à ce qui s'est passé sur l'autre versant de l'Est, unité de conception, de tracé et d'exécution.

Le tracé de cette route est véritablement remarquable, on y sent de l'unité et cependant il s'adapte merveilleusement aux

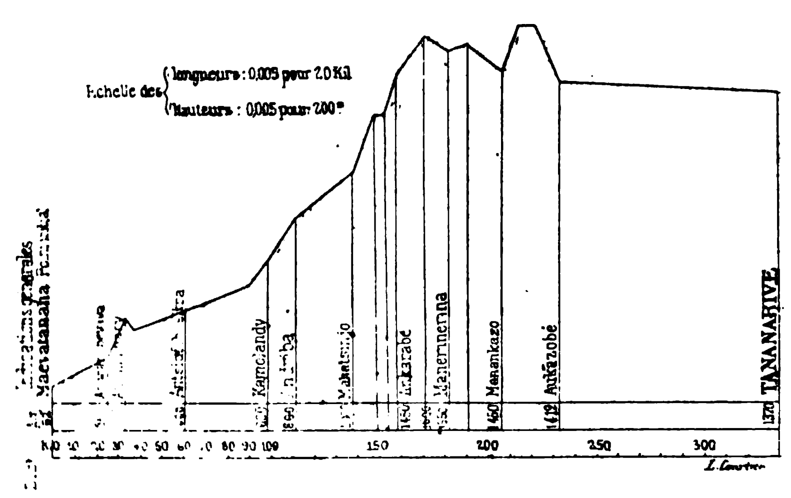
différentes régions traversées par la route. Quant à son exécution, pour les gens qui savent quels moyens infimes furent mis à la disposition de ses auteurs, c'est tout simplement un véritable tour de force de géant. La route de l'Ouest a été entièrement tracée, exécutée et parachevée par les soins des officiers de l'artillerie coloniale, sous la direction d'un camarade éminent, doué d'une intelligence, d'une persévérance et d'une ténacité au-dessus de tous éloges, sous la direction du tant regretté capitaine Mauriès. L'idée qui domina cet éminent officier dans l'étude de ses travaux, et que les circonstances fortifièrent en lui, était qu'il fallait régler les dépenses de construction et d'entretien de la route sur le rendement progressif de la voie ouverte. Aussi le tracé, une fois trouvé, a été amélioré d'année en année.

La route de l'Ouest comporte, néanmoins, dans ses grandes lignes, trois tronçons caractérisés par la topographie des régions traversées :

1° *De Maevatanana à Andriba* (109 *km*). — La route se déroule dans les riches vallées du Bas-Boeni, continuation pour ainsi

PROFIL SCHÉMATIQUE DU TRACÉ DE LA ROUTE DE L'OUEST

de Maevatanana à Tananarive



dire de la zone côtière, basse et sans altitude sensible. La route passe d'une altitude de 62 *m*, celle de Maevatanana, à une alti-

tude de 800 *m*, celle de la plaine d'Andriba, en remontant continuellement la vallée de l'Ikopa. C'est cette partie de la route qui aura besoin d'être empierrée la première, car en certains endroits, on y rencontre des terrains d'alluvions, qui se désagrégeant assez facilement sous le passage des roues déterminent une poussière assez épaisse.

En raison de la configuration même du pays, on a pu, sur le tronçon de 98 *km* qui s'étend de Maevatanana au Kamolandy, ne jamais dépasser la pente extrême de 3,5 0/0, ne pas abaisser le rayon limite des courbes au-dessous de 25 *m* et adopter un profil économique à flanc de coteau. C'est là un résultat extrêmement satisfaisant.

2° *D'Andriba à Ankazobé* (125 *km*). — On suit la ligne de partage des eaux du Betsiboka et de l'Ikopa. Cette ligne forme une piste étroite et tortueuse, peu accidentée, qu'un simple débroussaillement a permis de rendre carrossable. Et comme, d'Ankazobé à Tananarive le roulage était possible après quelques travaux, ainsi qu'entre Maevatanana et Andriba, en améliorant la route du corps expéditionnaire de 1895, on a pu, dès la fin de 1897, ouvrir la route de l'Ouest à la circulation (1).

Le tracé de ce tronçon de la route, des plus avantageux, a été découvert sur les hauteurs après mille difficultés. L'aspect du pays semblait annoncer qu'un résultat pourrait être atteint du côté de l'Est. On commença immédiatement la reconnaissance, qui fut des plus pénibles en raison du manque absolu de ressources dans ces régions. L'uniformité des paysages conduisait, d'ailleurs, à des confusions continuelles. La détermination de la série des cols, qui devaient caractériser le tracé, exigeait des marches et contre-marches incessantes, tant ces cols étaient dérobés à la vue. Les guides, soit par crainte des représailles de la part des Fahavalos qui infestaient le pays, soit pour obéir à certaines superstitions locales, trompaient fréquemment la mission. Le voisinage du repaire d'Ambatorakitra nécessita même une action militaire menée avec dix hommes d'escorte seulement. Ce ne fut, enfin, qu'après de nombreux essais infructueux que la mission découvrit la seule descente possible sur Ankazobé. La reconnaissance des plateaux d'Ambatorakitra permit

(1) Les lieutenants-colonels Brun, commandant l'artillerie, et Liautey, commandant le 4e territoire, entrèrent à Tananarive en charrette anglaise à la tête d'un convoi d'expérience de vingt-cinq voitures (novembre 1897).

au capitaine Mauriès de fixer, dans l'intervalle qui correspond aux passages les plus difficiles du chemin suivi par la colonne de 1895, un tracé inespéré ne comportant ni gros terrassements, ni travaux d'art coûteux : ce tracé, allant du Mamokomita à Ankazobé, fournit, à l'heure actuelle, une route carrossable magnifique.

C'est dans ce tronçon d'Audriba à Ankazobé que l'on passe de l'altitude de 800 *m* à la partie supérieure des hauts plateaux de l'Imérina (1 400 *m* d'altitude moyenne), en atteignant le point culminant de la route 1 650 *m* au plateau du Tampoketsa, à mi-distance entre le Manankazo (445 *km*) et Ankazobé (472 *km*).

C'est une série de plateaux et de faîtes séparés par des cols qui présentent avec les premiers de faibles différences de niveau et permettent de passer d'un col à l'autre sur des pentes très douces. Les deux seuls intervalles du Mamokomita à Mahatsinjo et de Mahatsinjo à Antanimiétra offrent des dénivellations notables. Par une série de coupes étagées, on a pu, en se tenant à flanc de coteau et en évitant les saillies de la crête, réunir les points extrêmes au moyen d'une route à pentes faibles.

3° *D'Ankazobé à Tananarive* (103 *km*) et même du plateau du Manankazo jusqu'à Tananarive (135 *km*), la route se développe sur un immense terrain, très ondulé, présentant encore de nombreuses montées et descentes, mais dues seulement aux détails topographiques d'un sol chaotique, sans différence de niveau appréciable entre les points de départ et d'arrivée. Cette section, dont l'établissement a été facile, est depuis longtemps livrée à l'exploitation.

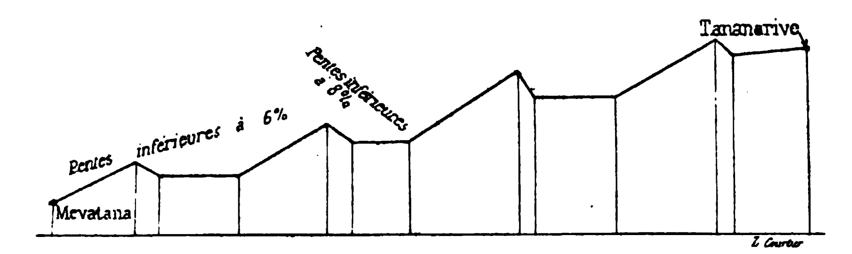
Si on examine le profil en long de la route, on constate que le terrain présente plus de facilités que le versant oriental de l'île, ses mouvements sont plus arrondis et il n'y a pas de larges forêts à traverser; mais surtout les lignes de crêtes, au lieu de se présenter normalement à la direction générale suivie par la route, lui sont presque parallèles.

Dans ses grandes lignes, la route présente une longue pente douce qui s'étend de Maevatanana jusqu'à hauteur des grands Ambohimènes marquant la bordure du plateau central; c'est-à-dire sur environ 185 *km* du trajet, le tracé de la route s'enfonce dans une région très montagneuse et très tourmentée permettant de racheter une dénivellation de plus de 1 400 *m* entre les points extrêmes, les plus fortes dénivellations se trouvant entre le

Mamokomito et Manérinérina ; puis d'une autre pente extrêmement douce courant sur le plateau supérieur de l'Imerina pendant 155 *km* environ.

La comparaison des profils en long des deux routes (1) met bien en évidence l'architecture en amphithéâtre des deux grands versants de Madagascar, étayant un plateau intérieur; le versant ouest, précédé d'une large bande de terrain plat formant marchepied, tandis que l'autre n'est séparé de la mer que par une étroite marge sablonneuse.

Pendant les améliorations successives de la route, la pente de 7 0/0 a été rarement acceptée ; et si, pour éviter de gros terrassements — inexécutables avec les crédits et la main-d'œuvre disponibles — on a dû employer, çà et là, sur quelques intervalles très courts, des déclivités voisines de 8 0/0, cette dernière proportion n'a du moins jamais été atteinte. Mais, aujourd'hui, les pentes de la route ont été restreintes à 6 0/0 tout au moins dans le sens de la montée sur Tananarive. Le capitaine Mauriès, qui était arrivé à posséder la connaissance topographique parfaite de ces régions, a remarqué, en effet, que les montées et les descentes de la route raccordent des plateaux successivement étagés depuis 30 *m* jusqu'à 1 400 *m*; et les pentes qu'on rencontre en allant sur Tananarive ont été facilement amenées à 6 0/0 au plus, tandis que celles que l'on utilise en descendant de Tananarive sur Maevatanana sont un peu supérieures à 6 0/0 sans jamais toutefois dépasser 8 0/0.



Cette constatation est extrêmement intéressante en ce sens que, pour ce trafic de montée, de beaucoup le plus fort, on rencontre les pentes les plus faibles, tandis qu'au contraire, pour le trafic de descente très réduit, alors que les voitures sont très peu chargées, on rencontre les pentes les plus fortes.

Ces pentes ont, il est vrai, des longueurs de plusieurs cen-

(1) Voir Bulletin de mai 1900, planche n° 231.

taines de mètres, mais chacune d'elles est séparée de la suivante par un palier de 150 à 200 *m*.

La route se déroulant soit sur les plateaux, soit sur les flancs de mamelons très arrondis, les tournants ont, pour la plupart, un rayon bien supérieur à la limite admise, et aucun d'eux n'a un rayon inférieur a cette limite, qui est de 25 *m*. Détail qui prouve combien l'intelligence du capitaine Mauriès s'attachait aux plus petites choses de sa route, comme il le disait si fièrement, c'est que, dans les grandes montées, ces tournants sont en paliers; ce qui permettait au chef d'un convoi de voitures de laisser souffler les animaux tout en les surveillant très facilement d'un seul coup d'œil. Ces paliers, séparant des montées successives, soit en lignes droites, soit en tournants, sont des plus utiles et des plus appréciés par tous les genres de traction, animale ou mécanique.

La partie terrestre de la route de l'Ouest a été exécutée, comme celle de la route de l'Est, exclusivement, au moyen des prestations indigènes et avec des procédés extrêmement rudimentaires. On s'est servi ici encore de sobikas et de peaux de bœufs pour le transport des terres. Le nombre des travailleurs sur cette route a toujours été notoirement insuffisant, il n'a jamais dépassé 2500, et, alors que, pendant les derniers mois de l'année 1900, on accordait à la route de l'Est 25000 hommes, on consentait à grand'peine à doter celle-ci de 1800 travailleurs pour terminer la remarquable déviation d'Antsiafabositra à Tsimatify achevée par le lieutenant Carteron.

Mais il faut dire, à la louange des officiers et surveillants civils de la route, que sur les chantiers de la route de l'Ouest, on ne chômait guère et que, petits et grands, noirs ou blancs, travaillaient douze à quatorze heures par jour séparées par une heure pendant laquelle on prenait son repas sur le terrain, sur le tas. C'est là un effort considérable, qui explique, dans une certaine mesure, le fini de l'exécution et la modicité du prix de la route, dont ceux qui l'ont accompli peuvent être fiers à jamais.

Aussi les dépenses de la route de l'Ouest, malgré ses nombreux travaux d'art remarquables, n'atteignent-elles pas 3 millions ce qui fait ressortir le prix moyen du kilomètre à 8000 *f* environ.

Nous ajouterons que son entretien est des plus faciles et coûtera très peu à la colonie, sans que jamais la circulation y soit interrompue.

Moyens de transport.

Nous examinerons maintenant les moyens de transport employés à Madagascar, en les passant tous en revue, successivement.

1° *Bourjanes.* — Les transports de marchandises et de voyageurs par bourjanes se font, à Madagascar, de toute antiquité. Si ce mode de transport tend à disparaître sur les nouvelles routes carrossables, il sera encore de longtemps employé dans les immenses parties de la grande Ile dépourvues de ces voies de communication perfectionnées. Nous en parlerons donc ici.

C'est un moyen de transport extrêmement défectueux. Il est coûteux. En effet, les gros colis arrivant de France sont sortis de leurs emballages d'expédition et fractionnés en petits colis de 25 à 40 *kg*, que l'on emballe à nouveau ou que l'on confie aux porteurs qui les protègent avec des grandes feuilles de ravinala. Il n'en est pas moins vrai que, si les marchandises ne subissent pas directement l'action de la pluie (ce qui arrive bien quelquefois), elles subissent celle de l'humidité pendant de nombreux jours et que beaucoup arrivent à destination ou complètement perdues ou très fortement détériorées.

Les bourjanes du commerce portent en moyenne 40 *kg*, ceux de l'Administration 25 *kg*, ainsi que ceux porteurs des messageries ou des bagages d'un voyageur et astreints à suivre ce dernier. Ces bourjanes se payant de 25 à 40 *f* pour le voyage aller retour de Maevatanana ou de Mahatsara à Tananarive, cela fait ressortir le prix de la tonne entre 750 et 1 600 *f*, et même 1 700 *f* pour les colis lourds et encombrants. Si nous adoptons pour le transport de la tonne de marchandises le prix moyen de 800 à 900 *f* (la tonne poids), cela fait ressortir à environ 3 *f* la tonne kilométrique.

C'est un moyen de transport irrégulier, d'une grande lenteur et d'un rendement dérisoire. En effet, le recrutement des bourjanes (malgré leur nombre qu'on évalue de 25 000 à 30 000 pour tout Madagascar) se fait difficilement et surtout, quand on veut exécuter des transports dans des régions autres que celles qu'ils habitent. Les bourjanes voyagent généralement par groupes sous la surveillance d'un chef indigène, qu'on appelle Commandeur, qui n'a sur eux qu'une autorité relative ; aussi ne manquent-ils pas souvent de faire la sieste, et même, de s'arrêter pendant de

longs jours dans un village où ils se plaisent, ou dans une hôtellerie indigène à leur convenance. Et pendant ce temps, le commerçant de Tananarive se demande où sont passées ses marchandises et répond invariablement à son client, pour chaque article demandé : « Ça monte, monsieur, ils vont arriver ! ». Le prix le plus bas, obtenu par ce moyen de transport, a été de 650 *f*, et même de 450 *f* la tonne pour certains marchés. A ces derniers prix, résultat d'une concurrence effrénée, les entrepreneurs de transports se ruinent, tout simplement.

Pour les transports de voyageurs par bourjanes, on se sert de la filanzana, sorte de chaise à porteurs, que nous ne décrirons pas ici. On peut avec cet instrument et huit à douze bons porteurs professionnels, des mpilanza, faire de 60 à 80 *km*, par jour, et même soutenir cette allure pendant quelques jours. Dans de telles conditions, le prix de transport d'un voyageur depuis la côte jusqu'à Tananarive varie de 300 à 350 et même 500 *f*, sans parler des suppléments de frais pour sa nourriture et le transport de ses bagages.

Les mpilanza ont une façon particulière de se tenir entre eux : l'un d'eux passe son bras sous celui de son camarade pour venir lui saisir le poignet et ils forment de la sorte une machine humaine très souple, et extrêmement adroite ; il n'y a pour ainsi dire pas d'exemple que des bourjanes laissent choir leur voyageur, et cela, malgré les très nombreuses difficultés du terrain : pentes dures et glissantes, descentes rapides, tortueuses, avec fossés et terrain humide.

C'est donc là un moyen de transport sinon dangereux, du moins très coûteux.

2° *Charretons et pousse-pousse.* — Avec l'ouverture des grandes routes carrossables de Madagascar on a vu apparaître : les charretons pour les marchandises, et les pousse-pousse pour les voyageurs. Ces instruments, quoique bien rudimentaires, marquent cependant un très réel progrès dans l'industrie des transports à Madagascar.

Les charretons sont des petites voitures à bras, analogues à celles que nous voyons passer tous les jours dans nos rues. L'ingéniosité des entrepreneurs de transports s'est donné libre carrière ; aussi en voit-on de toutes les formes : avec des roues de 70 à 90 *cm* de diamètre jusqu'à 1,30 *m* et 1,50 *m*, en bois avec jantes en fer ou bien métalliques, avec ridelles ou sans, freins

à patins mus par une vis, ou un levier sur le côté ou un petit treuil à l'arrière. Tous ces petits charretons sont sur ressorts et, généralement, avec un moulinet à l'avant ou à l'arrière. On trouve aussi des haquets spéciaux pour le transport des vins en futailles ou en dames-jeannes. Ces charretons portent, généralement, de 300 à 330 *kg* de marchandises (jusqu'à 350 *kg*), et sont traînés par trois hommes : deux dans les brancards ou au timon, un à l'arrière pour manœuvrer le frein et retenir dans les descentes. De la sorte, la charge de chaque homme revient à 100 ou 110 *kg*. Ces petites charrettes ont marqué un très réel progrès; elles ont permis de transporter des colis jusqu'à 300 *kg* dans leurs emballages d'origine. Au début, les bourjanes ont eu du mal à s'y mettre : ils voulaient bien porter, mais ils regardaient comme avilissant de traîner une voiture, et les premiers convertis furent dédaigneusement traités par leurs camarades de bourjanes mulets. Le prix de revient de la tonne par ces charrettes est de 485 *f* environ, car il faut tenir compte et de l'amortissement du matériel et de son entretien. La durée du trajet est de douze à quinze jours à la montée, avec les marchandises.

Le pousse-pousse a également marqué un très réel progrès pour le transport des voyageurs, car ces derniers sont plus commodément installés, protégés de la pluie ou du soleil par une petite capote qu'ils n'ont pas besoin de tenir comme un parasol, et ils emportent avec eux, tout au moins, leur premier repas et leur lit, ce qui leur permet de s'installer rapidement en arrivant à l'étape. Il est de règle, en effet, avec la filanzana et les porteurs de bagages, que ces derniers n'arrivent jamais en même temps que le voyageur, si peu chargés qu'ils soient, d'ailleurs. C'est au pousse-pousse que l'on doit l'abaissement du prix de transport d'un voyageur à 150 *f*. Les distances parcourues sont à peu près les mêmes qu'avec la filauzana.

3° Chevaux et mulets, voitures Lefebvre, mulets de bât. — Ce sont là des moyens de transport qui ont été employés pendant la colonne expéditionnaire, et après, pour le ravitaillement du corps d'occupation. Employés par les services de l'armée, il faut y renoncer pour l'industrie des transports proprement dits.

On ne trouve à Madagascar ni mulets ni chevaux, il faut les importer et les uns et les autres, et on n'y trouve pas davantage, en grande quantité, la nourriture qui leur convient : l'avoine, ni même l'orge. Si on nourrit ces animaux avec du paddy (riz non

décortiqué), ils attrapent au bout de peu l'ostéomalacie qui les rend absolument impropres à tout service.

Les mulets algériens ou argentins sont encore plus résistants que les chevaux, mais il faut compter que chaque mulet rendu à Tamatave ou à Majunga coûte environ 900 *f*, et, pour le conserver, il faut également importer sa nourriture. Par les compagnies de conducteurs sénégalais, qui sont munies exclusivement de mulets, on estime que le prix de revient de transport de la tonne est de 1 200 *f* environ.

Ce sont là des moyens à employer sur la route de Tananarive à Fianarantsoa, qui est un chemin muletier dépourvu de ponts et dont certaines pentes atteignent 20 0/0.

4° *Transports par voitures à bœufs*. — Ces voitures à bœufs, généralement très solides mais très lourdement et très grossièrement faites, portent de 500 à 800 *kg* de marchandises et sont traînées par deux bœufs.

On réunit généralement plusieurs voitures à bœufs en un convoi placé sous la conduite et la surveillance d'un Européen, et on le munit de plusieurs paires de bœufs de rechange. Il faut compter, pour la durée totale d'un voyage aller et retour sur l'une ou l'autre des deux routes de Tananarive, de 40 à 45 jours. On emploie également de grands fourgons africains, boers, traînés par 4 ou 10 bœufs, et dont le poids mort est de deux à trois fois le poids utile transporté.

On estime généralement que le prix de revient de la tonne est de 450 *f*.

Ce prix est encore élevé et devrait pouvoir s'abaisser, puisqu'on trouve les bœufs à Madagascar, et surtout sur le versant ouest; mais il faut compter que ces bœufs ont besoin d'être ferrés, qu'ils sont mal conduits et surtout mal soignés par les indigènes. Les Indiens sont les meilleurs conducteurs, ils les soignent bien et excellent dans l'art de les conduire, mais ils ne veulent faire des transports que pour leur compte. Autre chose est, que les bœufs ne trouvent des pâturages que dans les parties basses de la côte; que, par conséquent, dans l'Imerina, les animaux doivent transporter leur nourriture, ce qui diminue d'autant la charge utile. Enfin, il faut tenir compte des changements brusques de température que l'on subit, lorsqu'on se rend de la côte à Tananarive sur les hauteurs et qui entraînent une très grande mortalité parmi ces animaux. Pour l'éviter, il faut avoir

des relais de climat chaud et de climat froid, et, pour les premiers, marcher de préférence pendant la nuit.

Un projet de transports complets par bœufs a été étudié pour la route de l'Ouest, et il conclut à la nécessité d'un capital de 3 millions de francs. Sur la route de l'Est, il était impossible, à cause du régime pluvieux du versant oriental.

5° *Automobiles*. — L'automobilisme est absolument possible sur les routes actuelles de Madagascar; et l'application de la traction mécanique est d'autant plus intéressante, et peut être d'autant plus rémunératrice, que Madagascar est absolument dépourvu d'animaux de trait. Il semble donc, que c'est la véritable solution des transports, à Madagascar privé de traction animale; et que son application, en marquant un progrès, soit la transition obligée pour attendre l'ouverture des chemins de fer.

Pour faire des transports en automobiles à Madagascar, il faut renoncer à l'emploi d'un matériel lourd, tel que celui que comptait utiliser la Compagnie des Messageries de Madagascar, et qui comportait des véhicules de 4 *t*, chargés de 3 *t* de poids utile. Non seulement, les ouvrages d'art ne résisteraient pas au passage de pareilles charges, mais les routes elles-mêmes n'y résisteraient pas, étant toutes neuves, et à peine entretenues, alors que nos vieilles routes de France, œuvre des siècles et très bien entretenues, n'y résistent déjà pas.

Il faut, pour faire des transports automobiles à Madagascar, un matériel léger et résistant, avec un moteur simple et puissant; mais il faut aussi renoncer à l'automobilisme métropolitain, c'est-à-dire avec l'essence de pétrole. Ce combustible revient, rendu, soit à Maevatanana, soit à Mahatsara, de 1,20 *f* à 1,40 *f* le litre, l'huile de 1,50 *f* à 2 *f*. Ces prix élevés s'expliquent de la façon suivante : l'essence de pétrole, prise en grandes quantités, s'achète, en France, de 0,36 *f* à 0,40 *f* le litre; mais toutes les Compagnies de navigation ne la transportent pas, et celles qui y consentent, le font au prix d'un fret double, l'essence voyageant sur le pont, aux risques et périls de mer; il faut ajouter à cela, un droit de magasinage et de consommation et tenir compte des pertes très élevées par évaporation.

Le seul automobilisme pratique, d'une façon générale aux colonies, et en particulier à Madagascar, est l'automobilisme au pétrole lampant. Son odeur plus forte n'est pas un inconvénient dans ces pays neufs, et sa consommation, peut-être un peu plus

forte, est largement compensée par une grande différence de prix. On peut, pour de grandes quantités, trouver le pétrole, rendu dans les ports, pour 0,19 *f*, 0,20 *f* et 0,25 *f* le litre.

La question très délicate des conducteurs peut être résolue par l'importation de mécaniciens créoles, soit de la Réunion, soit de Maurice, mécaniciens que l'on pourrait payer un prix convenable, pas trop élevé, et sur lesquels on peut compter.

Dans ces conditions, le prix de transport de la tonne de marchandises pourrait s'abaisser à environ 500 *f*. Les voitures pourraient marcher à une moyenne de 6 à 7,5 *km* à l'heure, ce qui permettrait de monter les marchandises à Tananarive en 6 jours. Il faut compter sur une consommation d'environ un demi-litre par cheval-heure.

Pour les voyageurs, la moyenne serait, d'après expériences, de 11 à 17,5 *km*, 20 *km* à l'heure, ce qui mettrait Tananarive à deux ou trois jours de la côte.

6° *Navigation fluviale.* — Le matériel employé, aussi bien sur un versant que sur l'autre, laisse beaucoup à désirer; il aurait besoin d'être très sérieusement amélioré, surtout en vue de son appropriation à ce genre de navigation.

7° *Chemins de fer.* — Les chemins de fer sont, évidemment, la véritable solution économique et pratique des transports à Madagascar.

Nous n'insisterons pas sur les différents projets ou sur les différentes propositions qui ont été faites pour leur construction. Toutes ces choses ont été fort bien exposées par M. Marié, tant au point de vue du choix du premier chemin de fer à construire, que des différentes solutions de ce premier chemin de fer.

Nous dirons simplement, que l'exécution de ce chemin de fer, de Tamatave à Tananarive, se présente dans des conditions particulièrement difficiles, tant au point de vue de son tracé que des obstacles matériels de son exécution.

Nous n'insisterons pas sur les déclivités de 35 *mm*, qui le font ressembler à un chemin de fer de montagne, pas plus que sur les 4 000 *m* de ponts et les 13 à 1 500 *m* de tunnel, etc., etc.

Il est un seul point, sur lequel nous voulons apporter nos derniers renseignements : c'est celui de la main-d'œuvre. Le premier lot du chemin de fer, 26 *km*, fut adjugé à MM. Durand père et fils, qui devaient exclusivement employer la main-d'œuvre indigène. Ils ont renoncé au bénéfice de leur adjudication. Une des causes

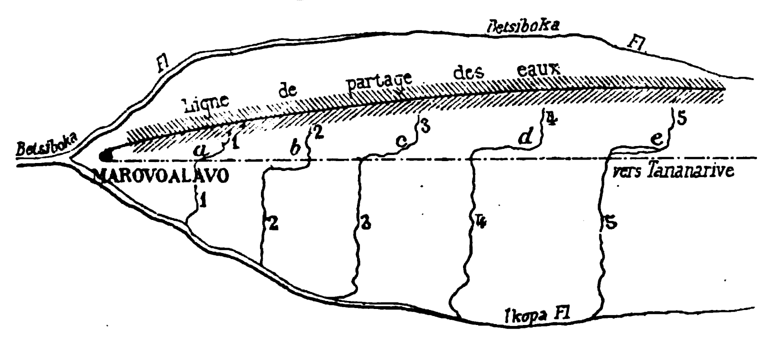
doit être, certainement, la difficulté du recrutement de la main-d'œuvre indigène depuis l'abolition des prestations.

Le second lot, 30 *km*, a été adjugé à MM. Boyer, Boyau et Bozzolo. Ces messieurs devaient, eux, employer exclusivement la main-d'œuvre étrangère. Ils ont importé d'abord 250 Italiens environ, que, pour des causes diverses, on a dû rapatrier dans leur pays. Des convois d'Indiens et de Chinois ont été envoyés sur les chantiers. Leur emploi a-t-il donné de meilleurs résultats? Il est permis d'en douter, puisque les adjudicataires du second lot ont eux aussi renoncé à poursuivre leurs travaux.

Il a fallu constituer un lot pour l'approfondissement de la Vohitra, qui ne permettait pas à des embarcations calant un mètre de remonter jusqu'à Anivorano.

Pour toutes ces raisons, pour toutes ces difficultés, il est permis de douter de l'exécution de ce chemin de fer dans les délais et avec les crédits prévus. Des esprits pessimistes, mais très documentés, techniques et sérieux, prétendent qu'il faudra doubler les uns et tripler les autres.

La précipitation avec laquelle on a décidé la construction du chemin de fer de l'Est, de Tamatave à Tananarive, a été, pour une fois, vraiment regrettable. Puisque, dès 1897, on avait reconnu la possibilité de relier Maevatanana-Suberbieville à Tananarive par une route carrossable, on aurait pu également confier à une mission d'officiers l'étude d'une voie ferrée par ce versant ouest. Le capitaine Mauriès qui a parcouru cette région du Boéni pendant cinq ans, depuis le commencement de 1897 jusqu'en mai 1901, et qui était arrivé à en posséder la topographie d'une façon parfaite et complète, a fini, à lui seul, par trouver ce tracé et il est tout simplement merveilleux.



Pendant ces dures années de pérégrinations et d'études, il a observé le fait suivant : tous les affluents de l'Ikopa, en partant

de leur source, descendent perpendiculairement à la ligne de partage des eaux et à la vallée pour, au bout d'un certain cours, suivre une direction parallèle, et, enfin, reprendre en dernier lieu leur direction originelle, sur une longueur proportionnelle à leur éloignement du confluent d'Ikopa et Betsiboka ; c'est-à-dire, que les portions 1, 2, 3, 4, 5, etc., grandissent au fur et à mesure qu'on s'approche de Tananarive, les vallées s'allongent. Telle quelle, la loi n'est pas complète ; il a observé, de plus, que toutes les portions parallèles *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, s'étagent en montant, depuis la côte jusqu'au plateau central, et qu'il est très facile de passer sans transition brusque d'une vallée à l'autre. Il n'y a donc, pour avoir un tracé parfait du chemin de fer du versant Ouest, qu'à réunir toutes ces parties entre elles.

Généralités. — De l'état actuel des routes de Madagascar, se dégage certains enseignements.

Dans les pays neufs, comme Madagascar, il ne faut point, pour le tracé d'une route ou d'un chemin de fer, se donner des points de passage obligés. Le tracé et la facilité d'exécution de la voie de communication doivent primer tout ; les villages, eux, en paillottes, qui s'abandonnent et se construisent en un jour, viendront après, se placer à proximité de l'artère nouvelle, et alors là pourront se développer, s'améliorer et demeurer.

Ainsi, pour la route de l'Est, il est certain qu'on eût de beaucoup facilité la tâche des officiers du génie militaire, si on ne les eût point obligés à passer par Béforona et Moramanga. Si on leur avait donné : point initial Mahatsara, point final Tananarive ; ils auraient certainement pu établir une route, tout au moins, supérieure comme tracé et exécution, à celle qui existe maintenant. Des nouveaux Béforona et Moramanga se seraient élevés près de la route, comme cela s'est produit pour Analamazotra, qui, était autrefois sur le sentier indigène et dont les habitants sont venus élever leurs nouvelles cases sur les bords de la route.

Pour la route de l'Ouest, il est vraiment regrettable qu'on l'ait obligé à passer par Ankazobé. Le capitaine Mauriès avait trouvé un tracé qui, partant du plateau du Manankazo, permettait de se rendre à Tananarive par une route plus courte de 30 *km* que la route actuelle et dont les pentes n'auraient pas dépassé 2,5 à 3 0/0, tandis que, la seule descente possible du plateau du Manankazo sur Ankazobé fut trouvée après de très nombreuses difficultés.

Au point de vue de l'avenir, l'établissement des deux grandes routes de l'Est et de l'Ouest a permis de se rendre compte des difficultés d'exécution des travaux publics à Madagascar, et d'établir, sur des bases plus certaines, l'évaluation des futurs réseaux de chemins de fer et de routes de la Grande Ile.

Ce réseau de routes de la Grande Ile comprend déjà, outre les deux grandes routes carrossables de Majunga et de Tamatave, la route circulaire autour de Tananarive, empierrée et en très bon état, d'une vingtaine de kilomètres de longueur ; puis la route de Tananarive à Arivonimamo. Enfin, il y a encore la mauvaise route qui longe la mer entre Tamatave-Ivondro et Andevoranto, qui est plutôt une piste sablée très difficilement praticable aux voitures et dont les ponts sont, d'ailleurs, interrompus aujourd'hui pour le service des Pangalanes.

Parmi les premiers travaux qui seront entrepris pour compléter ce réseau de routes, il faut citer : ceux qui auront pour but l'établissement des routes de Tananarive à Diégo-Suarez, sur le tronçon Tananarive-Ambatondrakaza, carrossable déjà jusqu'à Ambohimanga ; puis de Tananarive à Fort-Dauphin, sur le tronçon Tananarive-Fianarantsoa, carrossable déjà jusqu'à Tsiafahy. Les caractéristiques prévues de ce tronçon de route, ligne de faite générale de la Grande-Ile, sont :

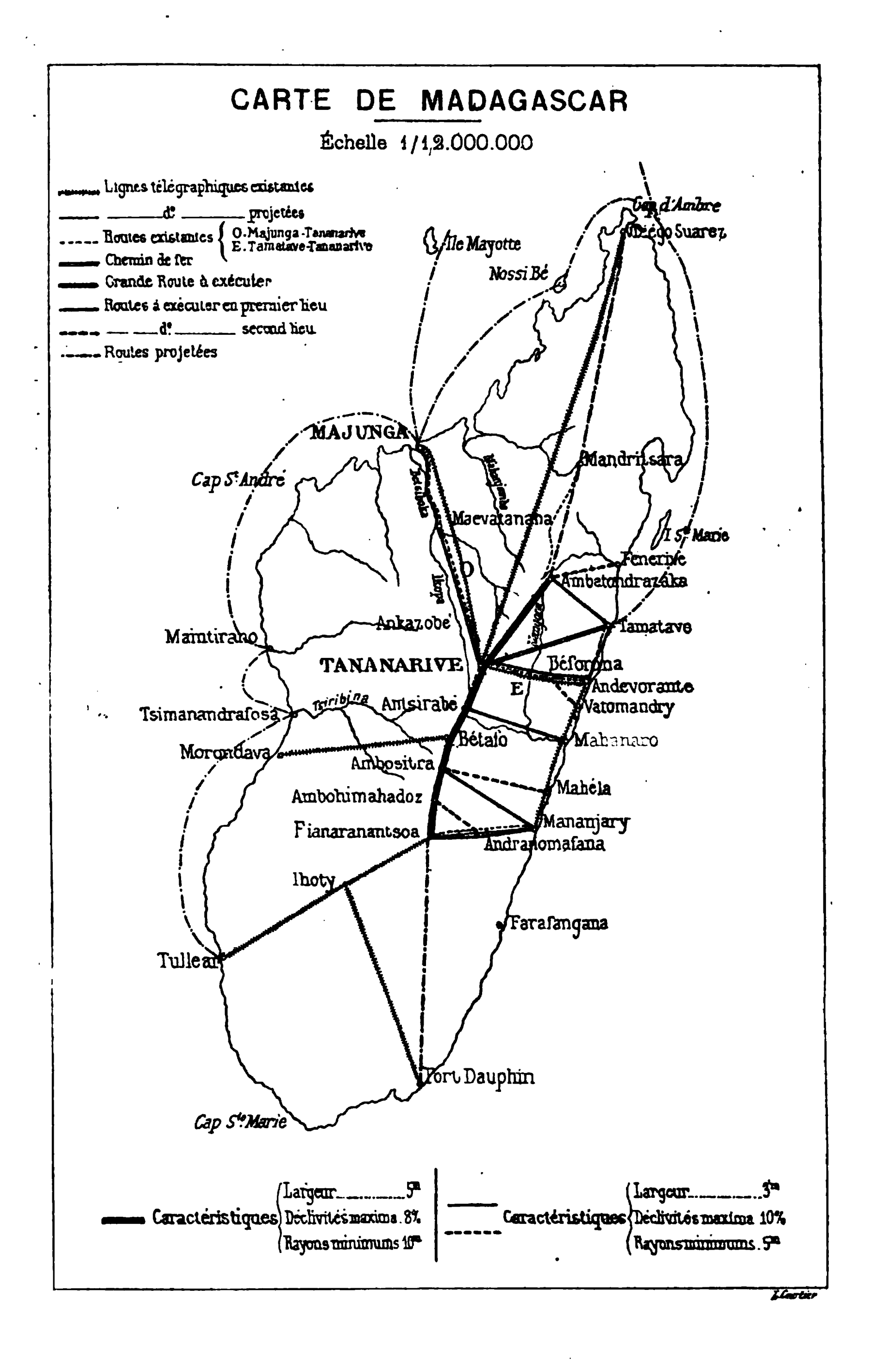
Largeur	5 *m*
Déclivités maxima	8 0/0
Rayon minimum des courbes . . .	10 *m*

Ensuite on passera à l'exécution des routes secondaires de Ambatondrazaka à Tamatave, d'Antsirabé à Mahanoro, d'Ambositra et de Fianarantsoa à Mananjary ; puis enfin, en dernier lieu, de Ambatondrazaka à Fénérive, de Béforona (route de l'Est) à Vatomandry, d'Ambositra à Mahéla et d'Ambohimahadara à Andronamafona. Tous ces chemins, qui relient les villes de l'Imérina et du Betsiléo aux ports de la côte Est, amélioreront le réseau de routes de ce versant Est. Malheureusement, il n'est rien prévu jusqu'ici pour le versant Ouest.

Les caractéristiques prévues de ces routes secondaires sont :

Largeur	3 *m*
Déclivités maxima	10 0/0
Rayon minimum des courbes.	5 *m*

Les moyens de transport à Madagascar sont complétés par le



CARTE DE MADAGASCAR
Échelle 1/12.000.000
Lignes télégraphiques existantes
d° projetées
Routes existantes
O. Majunga-Tananarive
E. Tamatave-Tananarive
Chemin de fer
Grande Route à exécuter
Routes à exécuter en premier lieu
d° second lieu
Routes projetées
Cap d'Ambre
Diégo Suarez
Ile Mayotte
Nossi Bé
MAJUNGA
Cap St André
Mandritsara
Maevatanana
I. Ste Marie
Fenerive
Ambatondrazaka
Tamatave
Ankazobé
Maintirano
TANANARIVE
Béforona
Andevorante
Vatomandry
Tsimanandrafosa
Tsiribina
Antsirabé
Bétafo
Mahanaro
Morondava
Ambositra
Mahela
Ambohimahadoz
Fianarantsoa
Mananjary
Andranomafana
Ihoty
Farafangana
Tulléar
Fort Dauphin
Cap Ste Marie
Caractéristiques
Largeur 5m
Déclivités maxima 8%
Rayons minimums 10m
Caractéristiques
Largeur 3m
Déclivités maxima 10%
Rayons minimums 5m

Nansen, bateau faisant le service entre Tamatave et Andevoranto et qui, calant peu, a réussi à franchir quelquefois la barre pour entrer dans le port d'Andevoranto. Le service de la côte Ouest est assuré par le *Persépolis* (Messageries Maritimes), avec escales à Diégo-Suarez, Nossi-Bé, Analalave, Majunga, Maintirano, Morondavo, Ambohibé et Tuléar.

Celui de la côte Est est fait par la *Ville-de-Pernambuco* (Chargeurs Réunis), avec escales à Diégo-Suarez, Vohémar, Sainte-Marie, Fénérive Tamatave, Andevoranto, Vatomandry, Mahanoro, Mananjary, Farafangana et Fort-Dauphin.

Les deux grandes routes de l'Est et de l'Ouest sont bonnes évidemment, mais elles n'en demandent pas moins des perfectionnements et il est certain qu'elles s'amélioreront avec le temps et avec l'entretien.

Pour la route de l'Est, les améliorations successives à y apporter sont : les déviations de l'Imérina, entre Tananarive et Ambatoloana (exactement Ambatoloanina), puis celles entre Mahatsara et Beforona ; l'établissement (déjà commencé) des ponts métalliques sur toute sa longueur, ce qui demandera un certain nombre d'années et beaucoup de crédits. Au fur et à mesure que les ponts métalliques s'avanceront sur la route, il y aura lieu d'en augmenter l'épaisseur d'empierrement et d'employer des méthodes d'empierrement en rapport avec les difficultés à surmonter. Il est évident que l'emploi de forts rouleaux serait une chose excellente, et qu'on n'obtiendra, sur cette route de l'Est, soumise à un régime pluvieux très intense, des résultats satisfaisants, que lorsqu'on y aura eu recours. Tout cela demandera beaucoup d'argent et pas mal d'années.

La route de l'Ouest, de Tananarive à Maevatanana, doit se compléter sans retard, par l'exécution du tronçon de Marovoalavo à Maevatanana, tronçon de 20 *km* de longueur. — Marovoalavo, à quelques kilomètres de Marololo, au confluent de l'Ikopa et du Betsiboka, est un point que les canonnières ne calant pas plus de 50 *cm* peuvent atteindre en tout temps, d'un bout de l'année à l'autre. — Ce tronçon de route a été complètement étudié par le capitaine Steiner; et il n'y a qu'à vouloir pour passer à l'exécution. En s'arrêtant à Marovoalavo, on a supprimé l'exécution d'un très grand pont sur un bras de rivière réunissant Ikopa et Betsiboka aux hautes eaux, et isolant Marololo. L'exécution de ce tronçon s'impose absolument, car il supprimerait tous les inconvénients

de la navigation sur l'Ikopa et la solution de continuité qui existe pour rendre la route de Majunga à Tananarive praticable en tout temps, sans aucune difficulté.

Tous les ponts de la route de l'Ouest qui ont leur tablier en bois, vont avoir ce tablier doublé. Ce travail est déjà commencé, et lorsqu'il sera terminé, on aura des ponts pouvant livrer passage sans danger à des charges de 3 à 4 *t*. Certains ponts, comme le pont de Morarana, sont déjà établis avec poutre en fer et tablier en bois. Il est bien évident cependant, qu'on aurait le plus grand intérêt à doter, et le plus rapidement possible, la route de l'Ouest de tous ses ponts métalliques, comme on va le faire pour sa sœur de l'Est.

Une innovation heureuse, des directeurs de la route de l'Ouest, a consisté dans la plantation, sur les talus de la route, de pignons d'Inde ou de lilas de Chine, qui augmentent de beaucoup la tenue des terres et par conséquent la solidité de la chaussée. Cela agrémente en outre la route, en lui donnant un peu d'ombre et de verdure, ce qui sourit beaucoup au voyageur.

Quant à l'empierrement de la route de l'Ouest, exécuté seulement à l'heure actuelle sur une faible partie de sa longueur, il est très facile : la pierre existe en abondance, et à proximité de la route. D'ailleurs, on a pu établir de très grands chantiers de taille de pierres, pour l'exécution de l'appareillage soigné des piles et culées de tous les grands ponts de la route de l'Ouest.

Mais pour quelqu'un qui a parcouru les routes de Madagascar, et qui envisage l'avenir, cette question très importante de l'empierrement de la route amène à examiner la question de la voie ferrée. Il faut se demander, en se reportant à ce que font les Anglais dans leurs colonies, les Russes et les Américains chez eux, si la voie ferrée économique, le chemin de fer sur route, ne s'impose pas. A notre avis, c'est là : *la véritable solution économique, rapide et pratique des transports à Madagascar*, bien plus que le véritable chemin de fer très coûteux, dont on aurait pu différer la construction.

Il y a donc lieu de prévoir cette solution et il est certain que l'on trouverait de réels avantages à poser sur cette route, endommagée par le charroi, une voie ferrée, à traction animale, à vapeur ou électrique, selon les ressources minérales ou motrices du pays. — Or, quand on parcourt la route de l'Ouest, et qu'on voit les chutes d'Ambodiroko, les gorges de Mavouandrou, celles du Mamokomito, avec le splendide réservoir en amont, en exa-

minant de près les chutes du Manankazo, en voyant de loin d'autres chutes encore, on comprend toute la beauté et la grandeur de l'art de l'Ingénieur. Quelle réserve colossale de forces naturelles, quels beaux projets, quel séduisant problème que celui de l'utilisation de la houille blanche remplaçant la houille noire qui n'existe pas à Madagascar.

On comprend l'attachement, l'entêtement du capitaine Mauriès pour ce pays qu'il avait pour ainsi dire découvert, dont il avait trouvé toutes ces ressources merveilleuses. On devient partisan d'une voie étroite électrique, dont l'exploitation est facile et peu coûteuse.

Et en adoptant cette solution d'un mode de traction sur rails, on n'a pas à déplorer la dépense de 10000 *f* au moins par kilomètre qu'entraine tout empierrement sérieux comme, par exemple, celui qui a été exécuté entre Tamatave et Tananarive.

En conclusion, nous répétons que le chemin de fer sur route à voie étroite, et traction électrique, facile et peu coûteux dans les conditions où on peut l'établir sur le versant Ouest, est la véritable solution, pratique, rapide et économique des voies de communication et moyens de transport à Madagascar.

De par leurs fonctions aux colonies, beaucoup d'officiers de l'artillerie coloniale remplissent le rôle de véritables Ingénieurs; il est donc permis de rendre, dans le *Bulletin* de la Société des Ingénieurs civils de France, un hommage ému et largement mérité à l'un d'entre eux, le capitaine Mauriès, qui, au cours de sa mission de cinq années, a fait preuve d'un talent de réel et éminent Ingénieur.

Le capitaine Mauriès, ancien élève de l'École polytechnique, a fait ses premières armes au Tonkin, où il laissa déjà le souvenir d'une intelligence et d'une énergie remarquables. Il vint à Madagascar en 1896, et fut chargé, au début de l'année 1897, de faire réparer 600 voitures Lefebvre, de recevoir un millier de conducteurs et de mulets, et d'amener le tout à Tananarive. Il fut donc appelé à étudier les rectifications, pour que la route de l'expédition de 1895 devînt carrossable. C'est là l'origine de sa mission de cinq années consécutives. Mission pacifique au cours de laquelle, cependant, il eut à faire preuve de valeur militaire, en détruisant, avec une poignée d'hommes (dix), le repaire des fahavalos d'Ambatorakitra; il en fut largement récompensé, car les chefs furent pris et contraints, sous peine de mort, de lui

montrer la ligne de cols qui existait et qu'il cherchait en vain. Mission pacifique au cours de laquelle, pendant cinq années consécutives, il eut à soutenir des luttes de toutes sortes, à surmonter des difficultés incessantes, contre la nature, contre l'Administration. Il lui a fallu toute l'énergie et toute la persévérance dont il était doué, pour soutenir ces combats sans cesse renouvelés et démoralisants. Chargé, par le général Pennequin, de la mission de recruter des Makoas dans la colonie portugaise de Mozambique, deux mille hommes étaient prêts à l'embarquement, lorsque l'interdiction en fut prononcée. Trois mois de fatigues surhumaines et de diplomatie avaient été dépensés inutilement. Il y avait là de quoi décourager les plus intrépides.

Le capitaine a dépensé, pendant la durée de sa mission, une somme de travail considérable. Malade, c'est de son lit d'hôpital qu'il dirigeait encore les travaux; bien portant, il entraînait tout le monde par sa bonne humeur et son courage, et on travaillait ferme sur la route de l'Ouest.

Dans ses travaux personnels, comme dans ceux qu'il a dirigés, il a fait preuve des idées les plus fertiles et les plus ingénieuses, qui lui ont permis de mener à bien la construction d'une route à laquelle des crédits fort modestes, 2 500 000 *f* seulement, étaient alloués.

La question du chemin de fer sur route avait vivement préoccupé le capitaine Mauriès quand, dès 1899, en présence du terrain spécial sur lequel allait se développer le chemin, il conçut la possibilité d'établir un tracé économique à pente limite de 35 *mm* par mètre et à rayon limite de 30 *m* de rayon. C'est, d'ailleurs, suivant ces données que fut construit le tronçon de 100 *km* de Maevatanana au Kamolandy. Avec un effort insignifiant, on achèverait la route suivant ces mêmes données, jusqu'à Andriba; et le tracé est possible, dans les mêmes conditions, jusqu'à Tananarive.

Les deux principes qui consistent à proportionner les dépenses de construction et d'entretien au rendement prévu des diverses parties de la route et à déterminer un tracé économique en vue de l'utilisation future de la voie pour la traction sur rails, n'ont cessé de guider le capitaine Mauriès dans ses travaux d'établissement de la route de l'Ouest. Ces idées, qui dérivent toutes deux également d'une nécessité d'économie, ont été personnelles au capitaine, dont elles caractérisent l'œuvre. Il faut convenir qu'elles répondent admirablement à tout projet de construction

de voies de communication dans les colonies à faible budget. Il est même à souhaiter que cette leçon, donnée à grands frais, ne soit pas perdue, et que l'on s'en inspire un peu dans l'étude des futurs projets de routes coloniales. Ce sera un suprême hommage — le meilleur — rendu à celui qui, après avoir déterminé ces principes de construction, sut en faire une application utile.

Mauriès est une figure, c'est un homme dans toute l'acception du mot. Il eut la bonne fortune d'être secondé par des collaborateurs dévoués et énergiques, dont les travaux très habiles dénotent, chez leurs auteurs, une aptitude peu commune aux fonctions qui leur étaient confiées. Mais le mérite lui en revient un peu. Intelligent et énergique, sympathique et bienveillant, il sut faire partager à tous sa foi dans la grandeur et la réussite de l'œuvre entreprise, son ardeur au travail, son incomparable persévérance, sa ténacité. Tous ses collaborateurs sont devenus ses amis, qui lui obéissaient bien plus comme à un camarade dont ils reconnaissaient la supériorité incontestable que comme à un chef. Ses collaborateurs les plus méritants sont : les capitaines Steiner, Liron Dalbavie, Artigue, Carteron, les officiers d'administration d'artillerie coloniale, Marterer, Igert, le maréchal des logis Prague, MM. Valat et Dumas entrepreneurs civils.

Mauriès est mort à Tananarive, le 29 avril 1901, au moment où, sur le point de rentrer en France, comme chef d'escadron et chevalier de la Légion d'honneur, ses pénibles travaux achevés, il restait dans la colonie pour obtenir, pour ses collaborateurs, des croix qui lui semblaient bien méritées.

Il a doté la colonie de Madagascar d'une route de 350 *km* de long, de 5 *m* de largeur, à pentes ne dépassant pas 8 0/0, munie de tous ses ponts, dont les plus grands sont de véritables ouvrages d'art, route tracée avec un art remarquable, exécutée avec un soin parfait, une énergie et une persévérance peu communes.

Il a reconnu la possibilité et le tracé du chemin de fer du versant Ouest, dont les travaux ne doivent pas dépasser 30 millions, à voie étroite et traction électrique.

Quelle que soit la reconnaissance de la Colonie pour le capitaine, on ne saura jamais assez reconnaître les services énormes qu'il lui a rendus. Intelligent, énergique, sympathique et bon, c'était un maître et un ami. Son œuvre est un modèle, sa vie un exemple.

L'UTILISATION DES CHUTES D'EAU
DANS LES ALPES FRANÇAISES

PAR

M. R. TAVERNIER

Exposé.

La mise en œuvre des forces hydrauliques intéresse une bonne partie des branches de l'art de l'Ingénieur ; elle pose, en outre à l'économiste et au législateur un des gros problèmes de l'heure présente, mais un problème qui ne pourra être bien résolu que si les données techniques en sont parfaitement élucidées.

C'est dans le domaine de la météorologie et de l'hydrologie qu'il faut rechercher les méthodes capables de nous éclairer sur la valeur de ce capital qu'on a caractérisé par le mot imagé de « houille blanche », bien qu'il ne soit pas constitué seulement par les glaciers et les neiges, mais aussi par les lacs, par les réservoirs de toute sorte, apparents ou souterrains, naturels ou artificiels, qui alimentent les sources et les cours d'eau.

C'est ensuite l'Ingénieur hydraulicien, le Constructeur et même le Forestier qui interviennent pour l'aménagement. Le capital est reconnu ; par un hasard sans doute heureux il présente ce caractère d'être insaisissable. Ces glaciers, ces lacs sont autant d'épargnes qu'alimentent irrégulièrement les précipitations atmosphériques dans des conditions que l'intervention humaine ne semble pas jusqu'ici capable de modifier sensiblement. Mais l'homme peut, dans une certaine mesure, multiplier ces épargnes; il peut, par des réservoirs artificiels ou par des plantations, régulariser les écoulements ; il peut encore s'ingénier à réduire au minimum les pertes et les gaspillages, chercher à créer des usines hydrauliques rationnelles, qui n'utilisent pas seulement les débits d'étiage des cours d'eau, mais qui, par des artifices variés, transforment, dans la plus forte proportion possible, des forces jusqu'ici destructives en des sources d'énergie bienfaisantes.

L'usine hydraulique créée, il reste à résoudre le problème

le plus difficile, celui de la bien utiliser. Il n'est pas d'industries, pas de services publics de distribution ou de transport qui n'aient besoin de forces, et il en est beaucoup, telles les industries chimiques et métallurgiques, que la force à bon marché peut transformer. L'électricité est là, agent merveilleux de souplesse et d'éclectisme, pour distribuer entre une multitude d'emplois divers ces forces naturelles inépuisables, qui ne seront réellement avantageuses qu'à la condition d'être aménagées par grandes masses, sans être pour cela spécialisées ni accaparées. Mais à cette tâche l'électricité ne suffit pas. Il faut que les Économistes, à la suite des Ingénieurs, des Métallurgistes, des Chimistes et des Électriciens, étudient dans son ensemble ce problème complexe, qu'ils indiquent au Législateur le meilleur moyen d'ouvrir la voie à toutes les initiatives, de rendre possibles toutes les combinaisons.

Pour envisager la question des Forces hydrauliques sous ces multiples aspects, c'est un encyclopédiste qu'il faudrait. Loin de moi la pensée de prétendre à ce rôle. Mon seul titre est d'avoir longuement réfléchi à ces choses dans un département, celui des Hautes-Alpes, dont les forces hydrauliques constituent la principale richesse et d'avoir cherché, au cours d'une mission en Suisse et en Italie, que M. le Ministre des Travaux Publics a bien voulu me confier, à débrouiller le chaos des idées contradictoires que soulève partout le nouveau problème.

Pour suppléer aux insuffisances de mon exposé, on voudra bien se reporter au tableau magistral que M. Blondel traçait, en 1899 (1) des usages variés auxquels se prêtent les transmissions électriques d'énergie. Le tableau de M. Blondel ne visait pas spécialement l'utilisation des Forces hydrauliques. Je n'insisterai donc que sur les côtés qui caractérisent cette utilisation.

Si, réellement, comme je le crois, les Forces hydrauliques ne peuvent le plus souvent être convenablement employées qu'à la condition de l'être simultanément à toutes sortes d'usages, il y a intérêt, semble-t-il, à attirer l'attention des techniciens et des spécialistes éminents que groupe la Société des Ingénieurs civils, non pas sur telles ou telles applications qu'ils connaissent mieux que moi, mais sur les circonstances qui solidarisent entre elles toutes les applications si variées qu'elles soient et sur la nécessité de laisser, dans le partage de la ri-

(1) *De l'utilité publique des transmissions électriques d'énergie*, par M. A. Blondel. — Paris, Dunod, éditeur, 1899.

chesse hydraulique chacun prendre la place qui, économiquement, lui revient.

Je prendrai mes exemples dans les Alpes françaises, en m'inspirant au besoin de ce que font nos voisins les Suisses et les Italiens.

Je passerai successivement en revue les questions relatives à la statistique des Forces hydrauliques de cette région, aux conditions techniques d'établissement des grandes usines, aux prix de revient et emplois principaux de l'énergie. Nous terminerons, sans entrer dans aucun détail, par quelques courtes explications sur la raison d'être des réformes législatives projetées.

Jaugeage des cours d'eau.
Évaluation de la puissance hydraulique des Alpes.

Des deux éléments qui concourent à constituer la Force hydraulique d'un cours d'eau : la pente et le débit, le premier, la pente, est un élément connu ; les cotes semées sur nos cartes permettraient dès maintenant de dresser un premier inventaire général de notre richesse hydraulique, si on connaissait, avec une approximation même grossière, le second élément, le débit. Mais c'est à peine si l'on possède quelques jaugeages des cours d'eau les plus importants des Alpes, alors que, pour en bien connaître l'allure, des expériences continuées systématiquement pendant un grand nombre d'années seraient indispensables. Le service hydrométrique fédéral poursuit, en Suisse, depuis quelques années, une vaste et minutieuse opération de recensement. En compulsant les publications si remarquables que ce service a déjà fait paraître, on peut constater à quel point il est difficile, pratiquement, de se rendre compte par avance des variations de débit dont dépend la valeur industrielle d'un cours d'eau. Il ne suffit pas de connaître les étiages ordinaires ou exceptionnels, mais encore leur fréquence, leur durée. Les industriels qui ont installé les premières grandes usines hydrauliques du Dauphiné ou de la Savoie ont cherché avec raison à utiliser irrégulièrement, en sus des eaux d'étiage, une certaine proportion des eaux moyennes ; mais, pour fixer dans chaque cas, au mieux des circonstances, les eaux moyennes utilisables, c'est-à-dire le débit maximum de la dérivation à créer, ils ont dû jusqu'ici opérer au sentiment et ce sont précisément les constatations faites par

eux, depuis que fonctionnent leurs usines, qui constituent les seuls éléments dont nous disposons aujourd'hui pour apprécier l'allure des torrents alpestres.

Voici quelques exemples :

La haute Isère, à l'amont de Moutiers, a été jaugée avec beaucoup de soin depuis 1898.

Pendant les six mois de mai, juin, juillet, août, septembre et octobre, qui sont des mois d'abondance, le débit de l'Isère, qui peut atteindre en crues 150 à 250 m^3, ne descend pas au-dessous de 20 m^3 à la seconde. Pendant les six mois d'hiver, de novembre à avril, le débit moyen s'est abaissé à 14 m^3 environ avec des minima très courts de 6 m^3 pendant les grands froids. Il existe dans cette section une usine industrielle qui dérive 20 m^3.

L'Arc, à l'aval de Modane, présente un régime à peu près analogue. Pendant six mois de l'année, son débit reste supérieur à 20 m^3 tout en s'élevant, par les hautes eaux, à 100 ou 200 m^3; ses étiages peuvent tomber, pendant les grands froids, à 4 ou 5 m^3. Certaine usine de la région est aménagée pour utiliser, en eaux moyennes, plus de 24 m^3.

Le Drac, avant le confluent de la Romanche, débite en basses eaux 18 à 20 m^3, 40 m^3 en eaux moyennes durant plus de la moitié de l'année, 1 000 m^3 en hautes eaux. Parmi les dérivations industrielles établies sur cette section du cours d'eau, on en peut citer une qui est aménagée pour 40 m^3 et une autre pour 17 m^3.

La plupart des rivières — le mot étiage en témoigne — ont leurs basses eaux en été. Il n'en est pas ainsi, on le voit, des cours d'eau alpestres, alimentés par la « houille blanche ».

Peut-être l'avenir nous réserve-t-il, grâce à la liaison des réseaux de distribution, de voir un ensemble d'usines hydrauliques établies sur des cours d'eau d'allures opposées, se compléter et corriger leurs défaillances les unes par les autres.

Cette solidarité serait d'autant plus désirable que les glaciers paraissent subir en ce moment, par suite de l'insuffisance des précipitations atmosphériques, un recul accentué. Nous traversons une période chaude et sèche. Bon an, mal an, c'est un peu du capital emmagasiné par les sommets qui s'écoule et disparaît et l'on peut dire que nos usiniers, sans le vouloir, vivent sur les réserves des cours d'eau ; les météorologistes (1) nous annoncent il est vrai, que, vers 1915, commencera le cycle humide de

(1) C'est à l'obligeance de M. Charles Rabot que je dois ces renseignements.

Bruckner, qui fera regagner aux glaciers le terrain perdu. A ce moment, à l'inverse de ce qui se passe aujourd'hui, les réserves croîtront et les écoulements diminueront. Il faut espérer que ces oscillations d'ensemble seront lentes et graduées et que l'homme, impuissant à les corriger, n'aura pas non plus trop à en souffrir.

Autrement redoutables sont les variations saisonnières qui se reproduisent chaque année d'une façon irrégulière, toujours gênante, parfois même prohibitive de certains emplois. Contre ce fléau, l'homme n'est pas désarmé. Il peut reboiser les pentes dénudées, il peut tirer des lacs existants des ressources artificielles supplémentaires ou créer, de toutes pièces, de nouveaux réservoirs partout où la topographie s'y prête. Mais ce sont là des améliorations qui intéressent le plus souvent tout un bassin, toute une collectivité et dont les effets, en ce qui concerne les reboisements, ne peuvent se faire sentir que dans un avenir lointain. Ces améliorations dépassent donc, en général, ce qu'on peut attendre des efforts particuliers. Elles doivent être conçues et réalisées par le concours de l'État, des départements et des communes. Depuis quelques années, des études de cette nature ont été entreprises, par les soins du service de l'hydraulique agricole, dans l'étendue du bassin de la Durance dont les pénuries entraînent, vous le savez, pour les riches cultures du Midi, de terribles conséquences; ces recherches, dans ce cas, sont provoquées par l'intérêt agricole, mais il est clair qu'elles touchent du même coup au développement de la puissance industrielle de toute une vaste région.

En dehors de tout concours administratif, l'initiative privée au point de vue des forces hydrauliques a pu, néanmoins, pour certains bassins réduit, jouer un rôle extrêmement utile.

M. Bergès, véritable précurseur en la matière, qui a été le premier à aménager des chutes de 500 *m* de hauteur, a été aussi le premier à préconiser et à étudier les combinaisons qui, destinées à parer à l'insuffisance des eaux d'hiver, sont le complément indispensable de ces sortes d'installations. Je veux parler de la création de réservoirs dans les plateaux élevés, permettant d'emmagasiner cette nouvelle matière première « la houille blanche » sous sa forme utilisable: la forme liquide. Là ou la configuration topographique s'y prête un peu, ces aménagements complémentaires peuvent être fort efficaces sans entraîner des dépenses excessives, car avec les hauteurs de chutes de 300 et

500 *m* qui, aujourd'hui, n'effraient plus personne, il n'est pas besoin de gros débits pour avoir de grandes puissances ni de réserves d'une capacité considérable pour corriger des pénuries, même prolongées. M. Bergès a trouvé, au-dessus de Lancey, une région particulièrement favorable : celle des Sept-Laux, c'est-à-dire des sept lacs. Sur d'autres points, dans les montagnes qui enserrent les vallées de l'Isère et de la Savoie, on peut rencontrer également des plateaux offrant des reliefs convenables, en particulier celui du Mont-Cenis. Une Société, constituée à Turin au capital de 4 millions, est en train d'en aménager le lac et d'utiliser les eaux qui s'en écoulent en deux chutes de 436 *m* de hauteur chacune. Le débit n'est que de 110 *l* à la seconde, soit à peu près le centième du débit que notre dérivation lyonnaise de Jonage emprunte au Rhône. La puissance qui approche de 9000 *ch* et sera répartie entre Suse et Turin n'en est pas moins presque comparable.

Malheureusement ces heureuses dispositions naturelles qu'on trouve aux « Sept-Laux », au « Mont Cenis », ne se rencontrent pas partout. Elles sont à peu près inconnues dans les Alpes provençales.

L'incursion rapide que nous venons de faire dans le domaine de la météorologie de l'hydrologie suffira, croyons nous, à montrer combien l'inventaire de nos Forces hydrauliques est une opération délicate et à quelles appréciations fort divergentes on peut être conduit selon que l'on envisage les étiages exceptionnels et de peu de durée, les basses eaux moyennes ou le maximum des eaux utilisables. Les exemples cités montrent que les évaluations pourraient varier, suivant les débits considérés, dans la proportion de 1 à 2 ou à 3 et même, dans certains cas, de 1 à 6.

Si l'on n'a pas seulement en perspective l'utilisation des écoulements naturels mais qu'on songe à créer, soit par un aménagement rationnel des lacs existants, soit par la construction de nouveaux réservoirs, des forces hydrauliques qu'on peut qualifier d'artificielles, alors ce n'est plus une simple statistique qui suffit, des études d'ingénieurs deviennent indispensables.

Je puis citer, à titre de document tout à fait provisoire, une carte (1) où l'Administration de l'Hydraulique agricole a représenté la distribution des forces hydrauliques du département des Hautes-Alpes, supérieure à 200 *ch*.

(1) Reproduction réduite d'une carte murale qui figurait à l'Exposition de 1900.

La puissance dynamique des cours d'eau ou des sources est représentée de deux manières :

1° Par l'aire d'une bande bleue superposée sur les cours d'eau ; ce premier mode de représentation suppose la puissance uniformément répartie sur toute la longueur des sections de même débit ;

2° Par l'aire de cercles dont les centres sont aux extrémités aval des sections considérées ; ce second mode de représentation suppose les puissances concentrées en ces points, emplacements naturels d'usines futures.

Les données qui ont servi à établir cette carte sont tout à fait approximatives. Il n'y a pas encore de grande usine industrielle sur les cours d'eau des Hautes-Alpes, partant, point de jaugeages suivis et méthodiques. Toutefois, la pratique des irrigations très développée dans ce département a permis de recueillir quelques indications sur les débits d'étiage ordinaire et sur les eaux moyennes utilisables. Ce sont ces indications contrôlées par l'étude des surfaces des bassins alimentaires qui ont servi à dresser la carte.

On voit, au premier aspect, combien la distribution des Forces est irrégulière et quel rôle jouent les glaciers et les neiges ; certain tronçon intermédiaire du Drac, complètement absorbé par les irrigations, ne donne aucune force. Il en est de même, mais pour une autre raison à signaler en passant, de certains cours d'eau de la partie ouest du département : la Souloise, quelques tronçons du Buech et de ses affluents.

Il existe, dans les massifs montagneux calcaires perméables qui alimentent ces cours d'eau, des fissures qu'on désigne dans les Hautes-Alpes du nom de chourums et qu'on appelle ailleurs, suivant les régions, avens, embues ou avaloirs. Par ces fissures, par ces cavernes et ces abîmes explorés avec tant d'audace par M. Martel, les eaux de pluie et même les neiges s'engouffrent pour ressortir plus bas à l'état de sources. La fontaine de « Font-gillarde » concentre ainsi presque toutes les eaux du bassin désolé de la Souloise. La célèbre fontaine de Vaucluse vient s'alimenter jusque dans le bassin supérieur du Buech. On comprend combien ce phénomène est de nature à assécher les parties supérieures des cours d'eau, à leur enlever toute régularité, toute puissance industrielle.

D'après la carte provisoire dressée sur les bases que je viens

d'indiquer, la puissance hydraulique totale du département des Hautes-Alpes serait de 300 000 *ch* en basses eaux et de 500 000 *ch* en eaux moyennes.

Il s'agit de la puissance brute évaluée en chevaux de 100 *kgm*, mais sans tenir compte des pertes dues aux dérivations, tuyaux et turbines.

On peut chercher, en partant de cette première donnée, à se faire une idée grossière de la puissance hydraulique des dix départements français qui, avec celui des Hautes-Alpes, couvrent la région comprise entre la frontière et le Rhône. Il semble qu'on peut classer ces départements en trois groupes : un premier groupe formant les Alpes provençales, composé des Basses-Alpes, du Var, des Alpes-Maritimes, ne paraît pas à superficie égale aussi riche en forces hydrauliques que le département des Hautes-Alpes ; le second groupe, les Alpes dauphinoises, comprenant la Haute-Savoie, la Savoie et l'Isère, paraît, au contraire, plus favorisé. Enfin, le troisième groupe, constitué par les départements riverains du Rhône, possède à défaut d'autres cours d'eau, le Rhône lui-même, cette réserve considérable de forces hydrauliques. Tout compte fait, il ne paraît pas déraisonnable d'admettre, comme première approximation, que l'ensemble des départements considérés, occupant une superficie à peu près égale à dix fois celle du département des Hautes-Alpes, renferme une richesse hydraulique brute également dix fois supérieure, soit :

3 millions de chevaux pour la puissance correspondant aux eaux basses ;

5 millions de chevaux pour la puissance correspondant aux eaux moyennes utilisables.

Cette évaluation globale, toute de sentiment et dont le but était de frapper, par un chiffre, l'attention de l'Administration et celle du législateur, vient de recevoir une confirmation partielle en ce qui concerne le département de la Savoie et celui des Alpes-Maritimes.

M. l'Ingénieur en chef Gotteland évalue la puissance hydraulique totale de la Savoie à 650 000 *ch* en eaux moyennes et 320 000 *ch* en étiage. D'après les renseignements recueillis par M. l'Ingénieur Arnaud, la puissance hydraulique totale des Alpes-Maritimes pourrait être provisoirement évaluée à 140 000 *ch* en eaux ordinaires et 70 000 *ch* en eaux basses.

Statistique des moulins et des usines.

La puissance brute que je viens de chiffrer n'est pas partout disponible. Elle est très peu entamée par les anciens moulins que l'on pourrait en réalité négliger dans une statistique où l'on ne compte que les forces supérieures à 200 *ch* ; mais il faut tenir compte des grandes usines hydro-électriques récemment créées ou en voie de création.

Le recensement des moulins, en ce qui concerne les cours d'eau non navigables ni flottables, a été fait avec beaucoup de soin, en France, par le service de l'Hydraulique agricole, et les résultats généraux en ont été analysés par M. Turquan. Pour toute la France et pour l'année 1890, le nombre de ces établissements était de 69 620. Leur puissance totale brute s'élevait à 1 028 807 ; mais, avec le faible rendement d'engins très peu perfectionnés, la puissance totale réellement utilisée devait atteindre environ le tiers seulement de la puissance brute, soit 342 936, de telle sorte que par usine la puissance moyenne brute était égale à 14 *ch*, et la puissance moyenne réellement utilisée à environ 4,7 *ch*.

Les onze départements situés entre la frontière des Alpes et le Rhône n'accusaient pas dans la statistique de M. Turquan, comparés au reste de la France, une allure sensiblement différente. Le nombre des usines hydrauliques était pour cette région de 8 961 et leur puissance brute de 113 364 *ch*, soit en moyenne 12,6 *ch* par usine.

Des données statistiques qui précèdent, on doit conclure que, même dans les régions alpestres, les « grandes forces hydrauliques », il y a quelques années, n'étaient pas utilisées. Elles l'ont été tout d'abord à Bellegarde, véritable installation de précurseurs où, malgré l'ingéniosité de la transmission par câbles télodynamiques, les milliers de chevaux créés sont presque restés sans emploi jusqu'à l'avènement de l'électricité ; à Genève, où l'on a employé l'eau sous pression pour la distribution des forces ; dans l'Isère, par M. Bergès.

A la suite de ces premiers essais, dans les régions voisines de la France, de la Suisse et de l'Italie, les exemples se sont rapidement multipliés ; les installations grandioses se sont succédé, où l'on chiffrait le nombre de chevaux non par dizaines et unités, mais par milliers et centaines.

Aucune statistique complète de ces nouvelles usines n'a encore été faite. D'une enquête officieuse, il semble résulter qu'au 1er janvier 1899 les usines créées ou en voie de création dans la région des Alpes étaient au nombre de 58, représentant une puissance maximum totale de 250 000 *ch*, soit environ 4 000 *ch* par usine.

Ainsi donc, en nombre rond, 9 000 moulins d'une puissance moyenne de 12 *ch* chacun, voilà le bilan par lequel se résume, à la suite d'efforts séculaires, la mise en valeur de notre richesse hydraulique alpestre; 58 usines d'une puissance moyenne de 4 000 *ch* chacune, voilà ce qu'y a ajouté, au bout de quelques années, l'essor économique extraordinaire qui est la conséquence du progrès des applications électriques.

Pour se rendre compte très exactement des Forces actuellement disponibles, il faut encore remarquer : 1° que certaines usines, par les conditions de leur établissement, rendent indisponibles ou tiennent en réserve des forces très supérieures à celles qu'elles utilisent réellement, aucune précaution réglementaire n'étant prise pour éviter cet inconvénient; 2° qu'il y a une quantité de projets à l'étude, ayant déjà donné lieu, avant toute demande de réglementation, à des traités avec les propriétaires riverains, et aussi un grand nombre de chutes *barrées* par des spéculateurs obstructionnistes.

Nous n'avons pas les moyens d'évaluer avec précision l'influence des deux causes ci-dessus. Il est permis de penser que la puissance gaspillée, barrée ou mise en réserve, est, dans certaines régions, très considérable et que, si aucune loi nouvelle n'intervient, les choses iront en s'aggravant rapidement.

Il ne faut pas se méprendre sur la valeur des chiffres que je ne produis qu'avec circonspection. Ces chiffres reposent sur des hypothèses qui devront être revisées au fur et à mesure que des jaugeages méthodiques et répétés auront fourni quelques données sur le régime si peu connu de nos cours d'eau. Mais, avec le temps, d'autres éléments interviendront, qui soumettront les évaluations primitives à une perpétuelle revision.

Tout d'abord, il faut se garder de confondre les puissances brutes disponibles avec les puissances économiquement utilisables. Un statisticien ne peut considérer que les premières. Ce sera, plus tard, aux ingénieurs et aux industriels, à faire le triage des secondes en tenant compte des circonstances de temps et de lieu, et, pour cela, de longues études seront indispensables. Ces études, il y a intérêt à les entreprendre au plus tôt; il con-

vient, en attendant, de n'accepter qu'avec réserve les prédictions optimistes ou pessimistes auxquelles chacun peut être entraîné, suivant la propre tournure de son esprit ou les faits qui l'ont impressionné.

Nos voisins les Italiens et les Suisses nous donnent à ce sujet certains exemples instructifs.

Dans ces deux pays, qui n'ont pas de gisements houillers, on se préoccupe plus passionnément, et depuis plus longtemps qu'en France, de l'utilisation des forces hydrauliques; mais, de statistiques générales exactes, pour le moment, on n'en possède pas davantage.

En Italie, les ingénieurs de l'État ont officiellement dressé, vers l'année 1894, une statistique des forces hydrauliques économiquement utilisables, et ils ont évalué à 2 millions de *ch* l'ensemble des forces encore disponibles. Mais il semble admis, aujourd'hui, que cette évaluation est au-dessous de la réalité. Dans la seule province de Turin, une des mieux pourvues, où le recensement de 1894 n'indiquait que 227 450 *ch*, il y en a probablement 600 000 utilisables avec plus ou moins d'économie, et déjà 100 000 *ch* sont concédés ou en voie de concession. A une époque où l'électricité n'avait pas encore laissé voir ce qu'elle pouvait faire, les Ingénieurs italiens ont bien certainement apprécié avec trop de sévérité les conditions économiques pouvant rendre une force hydraulique utilisable.

En Suisse, l'Ingénieur Rob. Lauterburg, de Berne, s'est jadis livré à des recherches prolongées pour évaluer, ou plutôt cataloguer, les forces hydrauliques de la Suisse. Mais il n'a pas entendu seulement faire œuvre de statisticien recueillant et classant des faits certains et incontestables. Il a voulu faire entrer en compte, en même temps, toutes les circonstances qui peuvent rendre une force hydraulique plus ou moins avantageuse : les besoins de la navigation ou de l'agriculture, les servitudes de toute nature dont les cours d'eau sont grevés, l'éloignement des chemins de fer et des débouchés industriels, l'élévation des dépenses de premier établissement, etc.

L'expérience semble avoir montré que les bases de M. Rob. Lauterburg, qui étaient peut-être bonnes il y a quinze ans, pèchent aujourd'hui par des restrictions excessives : il évalue pour toute la Suisse l'ensemble des forces hydrauliques utilisables dans de bonnes conditions économiques et en respectant largement toutes les servitudes, à 253 697 *ch* suivant une cer-

taine méthode, et à 582 833 *ch* suivant une autre méthode. Toutes ces évaluations anciennes, infiniment trop basses, n'ont pas empêché, fort heureusement, les villes et les industriels de découvrir et de mettre en valeur des forces que les prévisions de statisticiens trop timorés ne leur révélaient pas. C'est ainsi, pour en citer un exemple bien connu, que la ville de Genève, dont l'État tout entier est porté dans la statistique de M. Rob. Lauterburg comme ne possédant que 7 655 *ch* utilisables, a établi à la Coulouvrenière, en 1886, une première usine de 4 200 *ch*, puis, à Chèvres, immédiatement en aval, une seconde usine de 10 à 12 000 *ch*, mise en exploitation en 1896, et qu'elle se propose, quand ces deux usines ne suffiront plus, d'en établir une troisième à la Plaine, dont la puissance variera entre 13 440 et 24 000 *ch*, ce qui portera à plus de 30 000 *ch* la puissance totale tirée du Rhône, entre le lac de Genève et la frontière. — Autre exemple : le petit cours d'eau de l'Avançon, près de Bex, est porté, dans la statistique, pour 285 *ch* (de Penfaire à Bex); et la Société des *Forces Motrices de l'Avançon*, formée en 1897 pour desservir diverses industries, en même temps que le chemin de fer électrique Bex-Gryon-Villars, a construit une usine, dont la force minimum ne descendra pas au-dessous de 1 300 *ch* et sera supérieure à 3 000 *ch* pendant neuf à dix mois de l'année.

Description technique des grandes dérivations industrielles.

Nous allons maintenant examiner sommairement, depuis la prise d'eau jusqu'aux turbines, les divers organes constitutifs d'une grande dérivation industrielle, en n'insistant que sur certaines particularités caractéristiques.

La prise d'eau peut se faire avec ou sans barrage, et elle est généralement suivie d'une dérivation à ciel ouvert et à faible pente, à l'extrémité de laquelle s'amorcent les conduites forcées menant aux turbines.

Suivant la hauteur de la chute et suivant les circonstances locales, l'importance respective de ces divers organes varie. Dans les basses chutes, telles que celle de Jonage à Lyon, la conduite forcée disparait, pour ainsi dire. Le canal à ciel ouvert alimente directement les turbines. Dans bien des chutes de montagne, au contraire, le long de cours d'eau à fortes pentes, la conduite forcée subsiste seule et va de la prise d'eau jusqu'aux turbines.

Prise d'eau et dérivation. — Quand on a à faire à un torrent encaissé coulant dans des gorges resserrées, on peut songer à diminuer la longueur de la dérivation à faible pente vers l'amont en y substituant un barrage fixe de grande hauteur; à l'aval, au contraire, il est généralement avantageux de restreindre la longueur des conduites forcées et de pousser la dérivation à faible pente aussi loin que le permet la topographie des lieux (1).

Quelles que soient les dispositions imposées par les circonstances locales, il faut, dans la mesure qu'exige le bon fonctionnement des turbines, débarrasser les eaux des matières solides qu'elles charrient. Les barrages fixes transversaux de grande hauteur, tels qu'on en a construit ou qu'on en projette dans les gorges du Drac, résolvent parfaitement le problème. Les graviers s'arrêteront à l'extrémité même du remous et formeront une sorte de barrage naturel qui provoquera l'exhaussement du lit à l'amont de la retenue : quant aux matières fines, elles se déposeront dans toute l'étendue du remous qui jouera, comme un lac, le rôle d'un organe de décantation extrêmement efficace; de puissantes vannes de chasse, évacuant les limons aux moments des crues, préviendront le colmatage complet de la retenue.

Quand la nature du terrain ne se prêtera pas à l'établissement de barrages transversaux de grande hauteur, des dispositions devront être imaginées, d'abord pour empêcher les graviers de pénétrer dans la dérivation ou d'obstruer la prise d'eau et ensuite pour opérer la décantation des matières limoneuses. Dans les dispositions très diverses qui peuvent être imaginées, il ne faut pas perdre de vue la loi fondamentale en vertu de laquelle un courant d'eau, entrainant des particules solides plus ou moins fines, en dépose forcément une partie lorsque sa vitesse est ralentie; à l'aide de ce principe, on reconnaît qu'une première chambre de décantation sera nécessaire à la prise d'eau elle-même, pour recevoir et évacuer les matières qui se déposeront au moment même où l'eau limoneuse passera du torrent à forte pente dans la dérivation à déclivité réduite. Mais, ce premier nettoyage ne sera généralement pas suffisant. Les vitesses de 2 et 3 *m*, qu'on admet dans certaines dérivations de montagne, comportent des entraînements de matières encore trop impor-

(1) Nous pouvons citer les chiffres suivants, relatifs à une des principales usines hydro-électriques des Alpes: pour un débit de 15 m^3, la dérivation en tunnel a coûté 200 *f* par mètre courant, la conduite forcée qui lui succède, 320 à 350 *f*.

tants. Il faut alors créer, le long de la dérivation, partout où les circonstances s'y prêtent, et tout spécialement vers la chambre de mise en charge, par élargissement ou par approfondissement, des surcroîts de section provoquant des ralentissements de vitesse, et, par suite, des dépôts, qui seront évacués au moyen de vannes de chasse.

On ne s'est point trop préoccupé, lorsqu'on a créé les premières grandes usines hydrauliques, des organes de décantation dont je viens d'indiquer sommairement le fonctionnement. Mais l'usure extrêmement rapide des turbines, pouvant du même coup faire redouter celle des tuyaux, a de suite poussé les constructeurs à imaginer, dans les installations récentes, des dispositions extrêmement variées et ingénieuses qui ne vont pas sans majorer sensiblement, quand il s'agit de gros débits, les dépenses de premier établissement.

En dehors des canaux à ciel ouvert dont les parties élargies sont utilisées pour la décantation, on a souvent recours aux galeries, le long des flancs de coteaux abrupts exposés aux éboulements. Ces galeries latérales, percées de nombreuses fenêtres débouchant dans la vallée, reviennent à bas prix dans les bons terrains. Je trouve dans mes notes les prix de 150 *f* pour une section de 3 m^2, de 200 à 300 *f* pour une section de 6 m^2. Ces galeries, bien revêtues, pourraient peut-être supporter des vitesses supérieures à celles de 2 à 3 *m* qu'on admet pratiquement et jouer le rôle de tuyaux en maçonnerie fonctionnant sous des pressions de quelques mètres. Un constructeur hardi, comptant sur la solidité d'un rocher très compact, contre lequel il avait appliqué un enduit soigné, a même tenté de faire supporter à une galerie des pressions de 130 *m*. L'échec de cette tentative ne doit pas empêcher qu'on ne cherche, en constituant la dérivation avec des tronçons de tunnels débouchant, là où le terrain s'y prête, dans des bassins à ciel ouvert et à bords surhaussés, à y faire varier entre certaines limites les niveaux, la pente superficielle et les débits. On pourrait profiter ainsi, sans surcroît de dépenses, des eaux surabondantes et, avantage plus précieux encore, l'ensemble de la dérivation fonctionnerait comme un réservoir permettant de parer, dans une certaine mesure, aux irrégularités journalières du travail accompli par l'usine.

Tuyaux et turbines. — Avec les tuyaux et les turbines, nous abordons la partie mécanique d'une grande installation hydraulique. Nul n'ignore quels merveilleux progrès, provoqués en partie par l'aménagement des forces alpestres, a réalisés dans ces derniers temps la construction des turbines, produisant une variété de types pour ainsi dire infinie. Les constructeurs se déclarent prêts à satisfaire à toutes les exigences, à obtenir sur l'arbre des turbines la vitesse demandée, quels que soient les hauteurs de chute et les débits donnés, avec un rendement qui varie généralement entre 75 et 80 0/0. Ils ont imaginé des régulateurs de types variés, qui proportionnent automatiquement la consommation d'eau au travail demandé, sans permettre des écarts de vitesse dépassant 2 à 4 0/0. Je veux seulement insister sur certaines particularités concernant les hautes chutes d'une part et les gros tuyaux de l'autre.

C'est M. Bergès, de Lancey, qui a été l'initiateur des hautes chutes, le véritable parrain de la « houille blanche ». Il y a trente ans environ qu'il a commencé à utiliser une chute de 500 *m* de hauteur et il déclare n'en avoir jamais éprouvé aucun tracas : « La tôle des tuyaux a résisté à l'oxydation, en laissant » entrevoir une durée qui pourra atteindre un siècle, soit que » les tuyaux soient enterrés, soit qu'ils aient été placés à l'air » libre.

» Les joints et les cornières ont parfaitement résisté à la pres» sion de 500 *m*. Les ajustages de sortie en bronze dur ou d'alu» minium durent un temps suffisant. Les robinets et vannes » diverses travaillent aussi dans de bonnes conditions ; enfin, les » turbines sont très maniables, très durables, très faciles à cons» truire et leur rendement n'est pas inférieur à celui des tur» bines utilisées dans les chutes moyennes (1). »

A la suite de l'expérience si décisive de Lancey, quelques hautes chutes ont été aménagées dont on trouvera la liste en consultant les références des constructeurs de turbines de Grenoble, la maison Brenier et Neyret et la maison Bouvier. Citons l'usine de Chapareillan (600 *m* de hauteur), celle d'Épierre (550 *m*) de Sassenage (400 *m*), de la Bathie (400 *m*), de Notre-Dame de Briançon (230 *m*), de Bozels (230 *m*).

Ces installations ne se sont pas beaucoup multipliées et quelques-unes même sont actuellement abandonnées ; il faut en attri-

(1) *La Houille blanche*, par Aristide Bergès. — Grenoble, Imprimerie de Maisonville, 1899.

buer la cause, non pas à des difficultés mécaniques, mais à des débits par trop précaires et insuffisants. Il est rare de rencontrer, dans les parties hautes des cours d'eau secondaires, des lacs naturels ou seulement des emplacements permettant de créer des réservoirs assez importants pour suppléer à l'insuffisance des bassins d'alimentation (1).

Ce sont, en résumé, des chutes d'une hauteur moyenne de 50 à 150 *m* aménagées le long de cours d'eau fortement alimentés, tels que l'Isère, l'Arc, le Drac, la Romanche ou l'Arve, qui constituent, à l'heure actuelle, la majeure partie des grandes installations hydro-électriques des Alpes et, pour ces aménagements, on a eu recours à des tuyaux de plus en plus gros. On a adopté successivement des diamètres de 1,40 *m* (Chedde), 1,80 *m* (Mieussy), 1,90 *m* (Moutiers), 2 et 2,40 *m* (La Praz), 2,50 *m* (Livet). Récemment enfin, on a employé pour l'usine de Champs, située sur le Drac, près de Grenoble, des tuyaux de 3,30 *m* ; c'est ce chiffre qui constitue à l'heure actuelle le record des gros tuyaux. Ces tuyaux, qui sont généralement ancrés sur des coteaux fortement inclinés, sont entièrement métalliques ; à Champ pourtant, où le tuyau de 3,30 *m* est posé dans une plaine de graviers le long du Drac et suivant sa déclivité naturelle, qui est d'environ 8 *mm* par mètre, on a employé avec succès le béton de ciment armé pour des pressions inférieures à 20 *m*.

Quelques accidents de rupture ou de déformation survenus dans les premières installations ont suggéré quelques précautions. On paraît tendre, aujourd'hui, à supprimer les joints de dilatation, à amarrer fortement au sol les extrémités et les points de courbure, à éviter, soit par des reniflards, soit par des cheminées (telles que celles qui sont disposées le long de la conduite de Champ et qui constituent de véritables tubes piézométriques), le danger des coups de bélier ou des aplatissements provoqués par un désamorçage soudain faisant le vide derrière lui. Les accidents du début paraissent maintenant écartés. Peut-être pourrait-on, en supprimant les coudes trop brusques et les raccordements à angle droit, éviter les trépida-

(1) Des « hautes chutes » qui n'ont pas *isolément* de valeur industrielle peuvent, combinées avec des « basses chutes » dans un réseau général de distribution, jouer un rôle précieux. Des bassins d'épargne, même modestes, permettront comme à Lancey, de concentrer sur certains moments de la journée la production de l'énergie ; ils constitueront une réserve toujours prête pour parer à des besoins momentanés. On a songé à utiliser accessoirement, comme sources d'énergie, des réservoirs créés pour d'autres buts (Voir à ce sujet le vœu émis par le dixième Congrès de la « Loire navigable »). C'est à coup sûr, comme sources d'énergie *intermittentes* que ces réservoirs rendraient le plus de services.

tions et les déplacements dangereux que l'on a constatés parfois en cherchant à dépasser la vitesse de 2 *m* par seconde qui est généralement admise comme maximum de la vitesse de l'eau dans les tuyaux. Il y aurait là peut-être un moyen d'utiliser ceux-ci plus complètement en y faisant passer une fraction plus forte des eaux surabondantes. Mais cette amélioration se lie à la question des rendements dont je vais maintenant dire un mot en considérant l'ensemble de toute l'installation hydraulique (1).

Rendements. — La hauteur brute de la chute se mesure du niveau où les eaux sont empruntées au torrent à celui où elles lui sont restituées par le bief de décharge. Une certaine fraction de cette chute se perd en route dans les dérivations à ciel ouvert et dans les conduites forcées et c'est en tenant compte de cette perte, qui dans les tuyaux varie elle-même avec le débit, qu'on obtient la chute nette agissant sur la turbine.

Il est clair qu'on peut, en augmentant les sections et les dépenses, diminuer les pertes de charges et améliorer les rendements. Comme pour les canalisations électriques, il faudrait calculer dans chaque cas, suivant la valeur industrielle qu'on attribue à la puissance créée, la limite économique des pertes admissibles. Mais il ne semble pas qu'on se soit préoccupé de calculs aussi rigoureux. Par une coïncidence curieuse, on parait avoir été conduit, dans des cas très différents, à admettre implicitement le coefficient du dixième comme une moyenne approximative des pertes. Ainsi le long des cours d'eau tels que la haute Isère ou le Drac présentant des pentes de 0,01 à 0,02, on admet dans les dérivations des pentes de 0,001 à 0,002 par mètre. Dans le gros tuyau de Champ, la pente générale est de 0,008 et la perte de charge de 0,0007 à 0,0013 suivant les formules (2). Dans l'aménagement du Rhône à Jonage, le canal a

(1) Pour se rendre compte de l'intérêt qu'il y aurait à adopter de grands rayons, comme sur les chemins de fer, pour les changements d'orientation des tuyaux afin d'y pouvoir réaliser des vitesses plus grandes, on constatera que la masse en mouvement d'une locomotive (6 à 7 *t* par mètre courant) est comparable à celle de l'eau dans un tuyau de 3 *m* (7 *t* par mètre courant).

(2) Les formules usuelles sont basées sur des expériences faites avec des tuyaux de diamètre infiniment plus réduit. Il y aurait le plus grand intérêt à refaire des expériences sur les gros tuyaux qu'on emploie actuellement, et certaines dispositions telles que celles de l'usine de Champ, les rendent faciles. D'après les formules actuelles, si l'on fait varier dans un tuyau les débits et les vitesses, le calcul montre que le travail maximum, disponible pour la turbine, a lieu quand la perte de charge est égale au tiers de la chute totale.

une pente de 0,0001 par metre, alors que la pente du Rhône est de 0,001 ; c'est partout à peu près la même proportion.

Il paraît intéressant de préciser ces explications par les chiffres réels concernant une installation existante.

Dans cette installation le niveau de la retenue de prise d'eau est rendu constant quel que soit l'état des eaux, par un barrage transversal mobile. Par suite, la chute brute qui est en basses eaux de 75,59 est réduite en hautes eaux à . . . . 73,94 *m*

Les pertes prévues sont :

a) Entre la prise d'eau et la chambre de mise en charge, pour une longueur de dérivation de 3 280 *m* (pentes de 0,002 et 0,0015) . . . . . . 7,37 *m*

b) Dans le canal de fuite 0,67

c) Dans le tuyau (perte de charge de) 1,20

Ensemble. . . . 9,24 *m*

Reste pour la charge sur les turbines en marche. 64,70 *m*

Le rendement de la dérivation est donc, dans le cas particulier considéré, de 88 0/0 et, en évaluant à 75 0/0 le rendement des turbines, le rendement total serait de 66 0/0.

Ces chiffres permettent de faire subir une première réduction à l'évaluation des puissances brutes totales mentionnée tout à l'heure. Mais il ne faut pas perdre de vue un point capital : c'est qu'à côté des pertes mécaniques inéluctables il se produira fatalement des gaspillages considérables, si l'on ne suit pas un plan méthodique pour l'aménagement complet et rationnel des cours d'eau et si les usines successives restent indépendantes et isolées les unes des autres.

Il arrivera d'abord que, dans la succession des rapides et des paliers qui caractérisent le profil en long d'un torrent, des tronçons moins avantageux seront laissés de côté et deviendront par la suite inutilisables.

De plus, une bonne prise d'eau, accompagnée d'une décantation suffisamment efficace, nécessite des travaux et un entretien coûteux. Quel avantage ne trouverait-on pas à faire profiter de cette opération délicate plusieurs usines successives au lieu de la recommencer pour chaque installation. Enfin, il existe une anomalie curieuse des usines utilisant des chutes faibles ou moyennes.

En temps de crue, le niveau de la prise d'eau restant constant alors que celui du bief de décharge s'élève, la chute utilisable et la puissance se réduisent dans une mesure qui, pour les cours d'eau à faible pente et à fortes crues tels que le Rhône (1), peut devenir extrêmement gênante.

Pour remédier à ce grave inconvénient, on a imaginé, à Chèvres (près de Genève) comme à Jonage (près de Lyon), de forcer les débits dérivés à mesure que la chute s'efface et d'avoir, pour conserver de bons rendements, un double jeu de turbines. C'est ainsi qu'à Chèvres, la chute, en raison des crues de l'Arve, varie de 4,30 *m* en été à 8,50 *m* en hiver; à Jonage, elle varie de 12 *m* à 8 *m*.

Cette infériorité capitale des aménagements isolés disparaîtrait avec un aménagement continu pour toutes les usines intermédiaires prenant l'eau de décharge de l'usine d'amont pour la transmettre à l'usine d'aval.

La solidarité de toutes les usines utilisant à la suite les unes des autres les eaux d'un même cours d'eau s'accuse encore à un autre point de vue. Elles sont toutes destinées à profiter des travaux ayant pour objet de régulariser les écoulements et, inversement, si l'une d'elle détruit la régularité du débit journalier, pour donner satisfaction à des besoins intermittents, le fonctionnement de toutes les usines situées à l'aval en subira le contrecoup.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur toutes ces considérations générales. Elles m'ont été suggérées par la comparaison de dispositions extrêmement variées, et ingénieuses, qui ont été adoptées suivant les circonstances, dans les installations qu'il m'a été donné de visiter. On peut du reste, en compulsant la série des monographies où beaucoup de ces installations se trouvent décrites (2), étudier les caractères techniques particuliers à chaque type.

(1) Le même inconvénient peut encore se rencontrer dans les gorges fortement menacées des cours d'eau à fortes pentes, tels que le Drac.

(2) Il faut citer tout particulièrement, *Les installations hydro-électriques de la région des Alpes*, par M. DE LA BROSSE. — Clermont-Ferrand, 1901, Imprimerie Montlouis.

Prix de revient.

Les frais de premier établissement sont assurément influencés d'une façon prédominante par des sujétions locales de toutes sortes qui ne semblent pas, au premier abord, se prêter à des généralités. Néanmoins on peut dégager, par une comparaison attentive et raisonnée des conditions si variées qui se présentent, quelques remarques générales instructives.

La base unitaire est le cheval hydraulique de 75 *kgm* mesuré sur l'arbre des turbines. En tenant compte du rendement habituel des turbines, ce cheval correspond à 100 *kgm* en eau tombée de la chute nette, c'est-à-dire qu'une puissance de 1 000 *ch* peut être obtenue par la chute pendant une seconde, soit de 200 *l* d'eau tombant de 500 *m*, soit de 40 m^3 tombant de 2,50 *m*. C'est, en effet, dans cette proportion de 1 à 200, que peuvent varier pratiquement les hauteurs de chutes et inversement les consommations d'eau des installations hydrauliques. D'autre part, les forces hydrauliques peuvent être aménagées par petites fractions, comme cela avait lieu jadis, ou par masses puissantes, comme on le fait actuellement; sur ce point plus encore que sur le précédent, les écarts de la pratique sont énormes.

Or, d'une façon générale, le cheval hydraulique coûtera d'autant moins à aménager et à transporter : 1° qu'il sera dû à une chute plus élevée; 2° qu'il sera produit en plus grande quantité à la fois.

La première loi est basée sur des raisons techniques qui sont exactement du même ordre que celles qui rendent si avantageux, dans le domaine électrique, l'emploi des courants de haut voltage; la dépense des canalisations de toute sorte et celle des turbines décroissent évidemment avec la quantité d'eau à employer, c'est-à-dire pour une même puissance en raison directe de la hauteur de chute utilisée. La seconde loi constitue un phénomène économique tellement universel et connu qu'il n'y a guère lieu d'y insister.

Si les circonstances locales sont favorables, les frais de premier établissement pour les hautes chutes peuvent ne pas atteindre 100 *f* par cheval, alors qu'ils ont dans d'autres cas dépassé plusieurs milliers de francs.

Quant aux frais d'entretien et de grosses réparations d'une

installation hydraulique, ils sont encore moins connus que les frais de premier établissement, puisque l'expérience manque. En général, on admet que ces frais d'entretien sont proportionnels aux frais de premier établissement; rapportés à la base unitaire du cheval, ils seront donc d'autant plus réduits que la chute est plus élevée et que la puissance est engendrée par masse plus grande.

Pour sortir des généralités, voici les résultats auxquels est parvenu M. Dusaugey (1), Ingénieur-directeur de la Société d'énergie électrique de Grenoble, en étudiant dans tous ses détails le projet d'établissement d'une usine hydraulique de 8 à 10 000 *ch* et d'une canalisation permettant le transport de l'énergie à 60 *km* au moyen de courants triphasés à 20 000 volts. L'usine est supposée située dans les environs de Grenoble, et les devis sont établis d'après les prix du pays. Bien qu'il s'agisse d'une étude théorique et non de dépenses faites, M. Pionchon, professeur d'électricité industrielle à l'Université de Grenoble, se porte garant de la valeur des chiffres fournis par M. Dusaugey, qui parle, a-t-il dit, dans la préface « sous la dictée continuelle, en quelque sorte, des faits et de la réalité même des choses ».

M. Dusaugey suppose une usine hydraulique produisant, sous une chute de 220 *m* de hauteur, 8 800 *ch* avec le débit moyen de 4 000 *l* et 6 000 *ch* avec le débit minimum de 2 700 *l*. Il évalue les dépenses hydrauliques : canalisation, conduite forcée, usine et turbines, à 1 580 000 *f*, ce qui fait 174 *f* par cheval moyen, ou 255 *f* par cheval minimum. Nous avons vu que ces conditions n'avaient rien d'exceptionnel, mais comme elles sont très variables suivant les cas, c'est surtout dans les dépenses relatives à la partie électrique, au transport, à l'entretien et à la surveillance, dépenses qui ne peuvent beaucoup différer d'un endroit à l'autre, que les chiffres de M. Dusaugey présentent un sérieux intérêt.

Nous ne les citerons pas tous; il nous suffira de dire qu'en adoptant pour intérêt et amortissement un taux qui varie suivant les parties de l'installation de 6 à 14 0/0 et pour l'entretien et la surveillance un taux de 3 à 5 0/0, M. Dusaugey arrive pour le prix de revient du cheval-an de 24 heures, aux chiffres suivants, légèrement arrondis, et dont il y a lieu de noter la pro-

(1) *Évaluation des prix de revient et de vente de l'énergie captée aux chutes d'eau des Alpes Dauphinoises*, par E. Dusaugey. — Imprimerie Baratier à Grenoble. (Voir aussi *Éclairage électrique*, numéro du 23 novembre 1900.)

gression correspondant aux transformations successives de l'énergie.

Cheval hydraulique continu mesuré sur l'arbre des turbines.	20 à 30 *f* par an.
(20 *f* s'il s'agit du cheval moyen et 30 *f* s'il s'agit du cheval minimum.)	
Cheval électrique à 20 000 volts pris à l'usine.	40 à 60 *f* —
Cheval électrique transporté à 60 *km* livré après transformation sous une tension de 225 volts.	120 *f* —

Le transport est établi, pour puissance minimum régulière seulement, avec une perte de 28 0/0.

Si la distance de transport était portée de 60 à 160 *km*, les tableaux fournis par M. Blondel (1) permettent d'évaluer très grossièrement la dépense supplémentaire à 500 *f* par cheval environ et l'augmentation du prix de revient du cheval-an à 60 *f*, ce qui porterait son prix total à 180 *f*.

Cette progression est très simple : on part du prix de revient sur place du cheval hydraulique de montagne, et on lui suppose la valeur moyenne de 20 à 30 *f* qui est assez courante. La transformation électrique sur place va doubler ce prix, qui atteindra pour le cheval-an 40 à 60 *f*; le transport à 60 *km* (120 *f* le cheval-an) le quadruplera, et le transport à 160 *km* (180 *f* le cheval-an) le sextuplera.

Avec ces quelques chiffres nous avons ce qu'il nous faut pour comparer le prix de revient du cheval hydro-électrique avec le cheval produit par le charbon à l'aide des machines à vapeur ou à gaz pauvre.

Pour que la comparaison soit équitable et instructive, il ne faut la faire que pour les grosses forces. Pour les petites, à mesure que la puissance diminue, on sait dans quelle mesure croît le prix de revient du cheval-vapeur, mais pour le petit moulin il en est de même, et comme, avant les récents progrès de l'électricité, l'énergie hydraulique avait ce grand désavantage de n'être pas mobilisable, l'énergie vapeur, qui pénétrait partout où pénétrait le charbon, conservait une immense supériorité. La révolution industrielle, qu'est en train d'accomplir l'électricité,

(1) *De l'utilité publique des transactions électriques d'énergie*, par A. Blondel (p. 82). Imprimerie Dunde.

tend à substituer à tous les petits foyers de production d'énergie, aussi dangereux et insalubres que coûteux et incommodes, un foyer unique où viennent s'alimenter tous les anciens propriétaires des petites machines et en même temps beaucoup de nouveaux clients attirés par le bas prix et la commodité du moteur électrique. C'est l'industrie des entreprises de distribution d'énergie qui naît avec ses incalculables conséquences industrielles et sociales. Mais cette révolution, qui permet d'utiliser les grandes forces hydrauliques en leur donnant une valeur industrielle nouvelle, s'accomplit également là où il n'existe pas de forces hydrauliques. La petite machine de quelques chevaux est appelée à disparaître (qui la regrettera ?) pour faire place à ces grandes installations qu'on qualifie d'usines centrales, soit qu'elles actionnent des tramways, soient qu'elles distribuent de la lumière ou de l'énergie. Ce qui nous importe donc, c'est de nous faire une opinion sur le prix de revient respectif, pour les grosses puissances de plusieurs centaines de chevaux, de l'énergie hydro-électrique et de celle provenant de la combustion de la houille.

Dans l'ouvrage de Blondel déjà cité, on trouve qu'il faut compter 250 à 300 *f* par cheval pour la dépense de premier établissement des grosses usines à vapeur de 1 000 à 10 000 *ch*, et qu'en comptant l'intérêt et l'amortissement des capitaux à 8 0/0, le charbon au prix singulièrement démodé de 20 *f* la tonne, les prix de revient du cheval-an sont :

60 *f* pour 1 000 heures de marche ;
140 *f* pour 3 000 heures ;
240 *f* pour 6 000 heures ;
300 *f* pour 8 000 heures.

La première hypothèse correspond à peu près au cas d'une usine d'éclairage dont la puissance moyenne n'est pas utilisée plus de trois heures par jour.

La seconde, au cas d'une usine manufacturière où le travail est de 10 heures par jour.

La troisième, au cas d'une usine centrale mixte travaillant 20 heures.

La quatrième enfin, au cas d'une usine électrométallurgique ou électrochimique où le travail est vraiment continu, sauf les chômages d'entretien ou de réparation évalués à un mois par an.

On voit de suite quel rôle prépondérant joue la continuité du travail dans la question qui nous préoccupe.

Pour des emplois continus, la supériorité de l'énergie hydro-électrique est écrasante. Quand il s'agit d'emplois de cette nature, on peut songer soit à transporter à de très grandes distances les forces hydrauliques bon marché des régions montagneuses, soit à aménager des forces beaucoup plus coûteuses quand elles sont bien placées. Avec les chiffres empruntés au travail de M. Dusaugey, on trouve qu'on peut avantageusement transporter au loin le cheval hydraulique qui ne coûte pas plus de 1 000 *f* et qu'on peut aussi avoir intérêt à aménager le cheval hydraulique bien placé, même s'il coûte plus de 2 000 *f*.

Mais ces conclusions s'appliquent, répétons-le, aux utilisations vraiment continues. Pour les emplois discontinus, à mesure que la discontinuité s'accuse, la machine à vapeur reconquiert sa place. Ainsi pour une usine qui ne ferait que de l'éclairage, les forces hydrauliques avantageuses et bien placées peuvent seules lutter contre les machines à vapeur, à moins cependant qu'elles ne se prêtent à l'établissement de réservoirs permettant de proportionner à tous moments le débit d'eau à la demande d'énergie. Dans ce dernier cas, la valeur industrielle des forces hydrauliques est accrue dans une mesure considérable.

Des chiffres ci-dessus, on peut encore tirer une autre conséquence, qui me paraît avoir une extrême importance. En régularisant par une machine à vapeur une force hydraulique intermittente, on ne grève pas le prix de revient du cheval-an de plus de 60 *f* par an tant que les intermittences à corriger au cours de l'année ne dépasseront pas 1 000 heures ou un mois et demi.

Or, la dépense supplémentaire nécessaire pour aménager le débit moyen d'une chute d'eau au lieu du débit minimum est souvent très faible. Nous avons montré tout à l'heure dans quelle mesure les industriels de l'Isère et de la Savoie avaient été conduits par cette considération, à utiliser les eaux moyennes et à créer de puissantes usines, exposées, pendant les étiages, à des pénuries peu durables mais relativement fort sensibles. Si, par la suite, les besoins auxquels ces usines doivent satisfaire ne peuvent s'accommoder de semblables intermittences, on pourra, sans que l'économie de l'entreprise soit très gravement compromise, corriger ce défaut par des machines à vapeur.

L'adjonction de machines à vapeur aux usines hydrauliqusе peut encore être motivée à deux points de vue; elles constituent

une réserve en cas d'accidents et de réparations, assurant ainsi aux services publics une sécurité très grande; elles peuvent aussi, dans certaines entreprises de distribution, concourir avec les accumulateurs à assurer les besoins anormaux qui se manifestent à certaines heures du soir.

Il ne paraît donc pas douteux que des usines mixtes ne soient appelées, dans beaucoup de cas, à rendre les plus grands services.

Débouchés.

Le problème capital pour utiliser de la façon la meilleure une grande installation hydraulique consiste à mettre en œuvre les procédés les plus variés pour que cette utilisation soit aussi complète, aussi continue que possible. L'emploi des réservoirs n'est pas toujours possible; il exige, en tous cas, une certaine dépense supplémentaire. L'emploi de machines à vapeur auxiliaires et celui d'accumulateurs sont coûteux également. L'exploitant est donc naturellement conduit, s'il ne s'occupe pas exclusivement de fabrications continues, telles que les fabrications de produits électrométallurgiques, à rechercher les emplois les plus variés possible, et tout spécialement les emplois complémentaires qui s'accommodent de tous les restes d'heures laissés disponibles par des utilisations plus exigeantes.

Cette observation va nous donner la clé des succès et des échecs qui ont marqué les premiers essais d'exploitation des grandes forces hydrauliques, essais que nous allons maintenant passer en revue de façon sommaire.

Nous avons vu qu'en consommant sur place et d'une façon continue l'énergie des cours d'eau alpestres les mieux dotés, le prix de revient du cheval-an pouvait être abaissé de 300 *f* à 20 *f*. Un abaissement de prix si formidable de la force continue devait provoquer une véritable révolution industrielle, et c'est ce qui a eu lieu, en effet, pour les industries électrométallurgiques et électrochimiques qui, ayant besoin de forces constantes en très grandes quantités et à très bas prix, ont pris naissance avec l'entrée en scène du nouveau facteur. Ajoutons à cette circonstance que ces industries s'accommodent dans une certaine mesure des variations saisonnières de nos cours d'eau et que nos industriels français ont su, mieux que les Suisses et les Italiens, tirer parti de forces irrégulières et intermittentes, en recrutant ou congédiant, suivant leurs besoins, la main-d'œuvre

nomade qui, à chaque saison, traverse les cols de notre frontière des Alpes.

L'importance que doivent prendre dans l'avenir ces industries nouvelles, encore à leur début, ne peut guère être prévue. La fabrication de certains produits tels que le chlorate de potasse, le carborandum, ne paraît pas susceptible de prendre un grand essor. Celle de l'aluminium se développe lentement. La fabrication du carbure de calcium a donné des mécomptes que tout le monde connaît. Celle de la soude n'est pas encore parfaitement assise et beaucoup d'autres fabrications similaires ne sont pas sorties de la période des essais. C'est surtout en France que se sont développées les industries de ce genre, utilisant la plupart des grandes forces hydrauliques de l'Isère et de la Savoie, les louant parfois au prix minimum de 30 / par cheval mesuré sur l'arbre de la turbine, les achetant le plus souvent et créant ainsi des usines simultanément productrices et consommatrices d'énergie.

Comme il était à craindre, un mouvement si brusque n'a pu se produire sans à-coups. Il y a deux ans, les chutes d'eau de l'Isère et de la Savoie faisaient prime, les industriels possesseurs de brevets électrochimiques à exploiter se les disputaient; aujourd'hui, c'est l'inverse; plusieurs chutes d'eau aménagées pour des fabrications de ce genre, les ont suspendues après d'éphémères essais. Peut-on vraiment s'étonner que dans une matière aussi neuve, les insuccès aient été nombreux et que des brevets à peine essayés, mis à l'épreuve de la fabrication en grand, ne se soient pas tous trouvés bons? Et la valeur industrielle des brevets ne suffit pas, en cette matière, à assurer le succès, qui est soumis encore à d'autres risques. S'il s'agit d'un produit vraiment nouveau, tel que le carbure de calcium ou l'aluminium, il est bien difficile de prévoir l'importance des débouchés qu'il faut créer de toutes pièces et d'éviter la surproduction. Les chutes d'eau favorables ne manquent pas sur la surface du globe, et, contre la concurrence suscitée de toutes parts par des bénéfices au début fort tentants, les brevets ne protègent souvent pas très efficacement ni bien longtemps. Avant qu'une fabrication de ce genre ait appris à régler sa marche sur celle de la consommation, et, du même coup, ait trouvé la place qui lui convient le mieux, en tenant compte non seulement du prix de revient de l'énergie, mais encore des facilités qui se rencontrent pour l'approvisionnement des matières première set

l'écoulement des produits, bien des tâtonnements seront nécessaires, et les fausses manœuvres seront inévitables. Nous pourrions citer certaine puissante usine électrochimique qui, au milieu d'autres moins prospères, n'a pas cessé de grandir; mais quelle ingéniosité n'a-t-il pas fallu déployer pour trouver chaque année, à l'aide d'une fabrication sans cesse renouvelée, un aliment aux turbines voraces?

Ces considérations ne sont pas dictées par un esprit de pessimisme; il suffit, pour se garer du pessimisme, de jeter un coup d'œil en arrière.

Il suffit de relire les paroles enthousiastes de Berthelot, célébrant, à l'ouverture du Congrès de Chimie appliquée de 1900, toutes les merveilles déjà réalisées, entrevoyant pour la « chimie de l'avenir » de nouveaux et incalculables succès, tels, par exemple, que la fixation de l'azote atmosphérique.

En signalant un temps d'arrêt, je voudrais en arriver à cette conclusion pratique que l'essor des industries électrochimiques et électrométallurgiques serait peut-être tout autre qu'il n'est actuellement, si elles avaient eu leur complète liberté d'action; si, au lieu d'immobiliser leurs ressources dans l'aménagement des forces considérables qu'elles ont choisies, non parce qu'elles étaient les mieux placées, mais parce que seules elles leur étaient accessibles, ces industries avaient pu, pendant la période des essais, s'installer n'importe où comme locataires et choisir ensuite à loisir, dans l'ensemble de notre richesse hydraulique qu'un régime nouveau mettrait à la disposition de toutes les initiatives, le lot convenable et l'endroit propice.

Mais, sans insister sur des considérations de cette nature, que je réserve pour la fin de notre entretien, nous allons continuer à passer en revue les utilisations variées qui ont été faites jusqu'ici des forces hydrauliques.

Lorsque, au lieu de se confiner dans une utilisation spéciale et exclusive, les premiers pionniers qui ont entrepris d'exploiter notre puissance hydraulique se sont ingéniés à varier leurs débouchés et à augmenter le plus possible le nombre de leurs clients, lorsqu'ils ont organisé de véritables distributions régionales d'énergie sur le type de celles établies dans les agglomérations urbaines, et ayant, presque comme elles, le caractère de services publics, alors le succès ne s'est pas fait attendre, et il a été en général d'autant plus marqué qu'était diverse et nombreuse la clientèle recrutée. Il y a à cela un motif d'une portée

toute philosophique. L'abaissement considérable dans le prix de revient de l'énergie est assurément de nature à provoquer, dans toutes les branches de l'activité humaine, un essor dont personne ne soupçonne l'importance. Mais personne non plus ne saurait prétendre en canaliser la marche. Dans cette recherche si nouvelle de l'utilisation du cheval à 20 *f*, l'ingéniosité de tous produit des résultats autrement puissants et, dans leur ensemble, autrement réguliers et sûrs que le génie d'un seul.

Donc, les industriels qui se sont simplement occupés de produire de l'énergie en aménageant les forces hydrauliques et de vendre cette énergie soit en attirant des clients près de leurs usines, soit en allant les chercher au loin, ont généralement obtenu des résultats qui ont dépassé leurs espérances.

C'est surtout chez nos voisins les Italiens et les Suisses que les entreprises hydro-électriques de distribution de lumière et d'énergie, aidées par des législations moins imparfaites que la nôtre, se développent partout avec une surprenante rapidité. Les services industriels de Genève fournissent à cet égard l'exemple le plus ancien et le plus frappant qu'on puisse citer.

Actuellement, la plupart des cantons et des grandes villes suisses se montrent disposées, suivant l'exemple de Genève, à établir et gérer directement ces grandes et fructueuses entreprises. Citons, dans le canton de Neuchâtel, l'aménagement à peu près intégral et le partage entre les divers groupes de communes intéressées du petit cours d'eau de la Reuse dont l'énergie, distribuée dans une vaste région, vient alimenter l'industrie de l'horlogerie et tous les autres petits métiers par lesquels les populations rurales suisses sont parvenues à utiliser les longs chômages de l'hiver. A la Goule sur le Doubs, à Aarau, Olten sur l'Aar, à Sihl sur la Sihl, à Rheinfelden sur le Rhin, à Zurich, à Lucerne, à Schuyz et dans bien d'autres régions existent des installations semblables à celles de la Reuse; à l'Exposition de 1900 figurait sur une carte de la Suisse l'ensemble des réseaux de distribution d'énergie. Un simple coup d'œil jeté sur cette carte, mieux qu'une aride énumération, montre la moitié de la Suisse, la moitié industrielle, couverte de canalisations électriques. Si l'on compare cette carte à une carte des chemins de fer, on voit les deux réseaux se superposer, pour ainsi dire. Le fait n'est pas assurément pour surprendre; il fallait bien commencer par desservir les régions où l'industrie était déjà florissante; mais ne nous contentons pas de regarder les pre-

miers résultats d'un mouvement à ses débuts; considérons que la Suisse n'a pas encore entamé ses réserves hydrauliques les plus considérables, celles qui se trouvent dans les hautes vallées du Rhin et du Rhône, dans les cantons du Valais et des Grisons. Le moment n'est pas éloigné où cette richesse s'exploitera, et où, pour l'exploiter, des chemins de fer seront nécessaires. Les deux réseaux continueront à coïncider; mais ce sera la *houille blanche* qui, dans ce cas, aura créé le chemin de fer. — En France, il en sera de même.

Dans les Alpes italiennes, les installations hydro-électriques de distribution paraissent appelées à une prospérité plus grande encore, en raison du voisinage de villes importantes et d'une population rurale très dense, très industrieuse. Là, c'est l'initiative privée qui opère par la voie des concessions trentenaires renouvelables constituant la base du régime légal italien. Autour des chutes d'eau bien placées à portée des grands centres, il y a une spéculation très vive. Milan, Turin, les riches plaines de la Lombardie et du Piémont sont déjà sillonnées de réseaux distribuant partout, à profusion, l'énergie tirée de la Stura, des deux Doires, de la Sésia, du Tessin, de l'Adige.

Les plus vastes de ces entreprises sont connues : c'est l'installation de Paderno sur l'Adda, envoyant à Monza et Milan (53 *km* de distance) 13 000 *ch* sous une tension de 13 000 volts; c'est l'établissement encore plus considérable de Vizzola sur le Tessin, transportant et distribuant 30 000 *ch* sous une tension de 11 000 volts dans la région située entre le lac Majeur et Milan.

J'ai pu constater, l'an dernier, que l'installation de Vizzola, à peine achevée, avait placé sa force plus vite et à meilleur prix qu'on ne l'avait espéré. Pour l'approvisionnement de Milan, on considère aujourd'hui que le Tessin ni l'Adda, à leur sortie des lacs, ne peuvent suffire. On songe à aller au delà, en plein massif des Alpes, chercher à 150 *km* les forces de la Toce et d'autres torrents.

Lyon se trouve dans une situation analogue à celle de Milan. C'est avec une rapidité tout à fait inespérée que la Société lyonnaise des Forces motrices du Rhône place la puissance énorme de 16 000 *ch* dont elle dispose. Les tableaux suivants en donneront une idée (1).

(1) Ces tableaux, ainsi que les renseignements qui suivent, nous ont été gracieusement fournis par M. Hearard, directeur de l'entreprise; ils paraîtront dans une monographie très complète que prépare M. Chauvin, ingénieur adjoint à M. Gotteland, ingénieur en chef des travaux, monographie qui va incessamment paraître à la librairie Baudry.

Production d'énergie de l'usine de Cusset du 1er janvier 1899 au 30 avril 1902.

DÉSIGNATION DES MOIS	ANNÉE 1899	ANNÉE 1900	ANNÉE 1901	ANNÉE 1902
	hectowatts-heure	hectowatts-heure	hectowatts-heure	hectowatts-heure
Janvier.	1 416 000	5 560 030	13 020 490	16 253 480
Février.	1 258 560	5 360 030	12 048 680	15 151 040
Mars.	1 607 280	6 774 090	13 402 290	15 958 620
Avril	1 695 840	6 779 930	12 214 490	15 348 020
Mai	1 852 560	7 517 840	12 978 970	
Juin.	2 036 400	7 118 080	12 472 080	
Juillet	2 326 320	7 263 070	12 703 770	
Août.	2 579 520	7 951 850	12 656 220	
Septembre	2 758 080	8 421 010	12 857 460	
Octobre	3 508 560	10 160 840	15 564 630	
Novembre	4 167 840	11 025 540	15 563 560	
Décembre	5 023 920	11 979 890	16 863 360	
ANNÉE ENTIÈRE.	30 230 880	95 932 200	169 046 000	

Recettes du 1er janvier 1899 au 31 mars 1902.

DÉSIGNATION DES MOIS	ANNÉE 1899	ANNÉE 1900	ANNÉE 1901	ANNÉE 1902
	f	f	f	f
Janvier.	27 482,20	117 792,80	208 507,85	257 715,75
Février.	23 915,90	105 932,55	177 366,55	210 774,30
Mars.	30 168,55	118 052,20	189 236,85	210 195,30
Avril.	29 179,80	100 943,90	161 594,35	
Mai	32 140,20	100 046,30	153 235,35	
Juin.	34 708,90	94 153,55	150 627,75	
Juillet	35 990,70	94 041,75	150 523,25	
Août.	43 318 »	105 622,15	162 002,40	
Septembre	54 266 »	128 100,30	180 678,40	
Octobre	76 049 »	161 385,20	228 914,75	
Novembre	93 220,65	193 224,80	251 851,40	
Décembre	112 401,65	212 172,25	263 223,40	
ANNÉE ENTIÈRE.	394 840,95	1 531 467,75	2 277 762,30	

Résumé des abonnements en fonctionnement.

1° Force motrice.

	NOMBRE D'ABONNÉS	NOMBRE DE CHEVAUX
Au 15 juin 1899.	503	2 465
Au 30 avril 1900	1 007	6 920
Au 30 avril 1901	1 458	8 405
Au 30 avril 1902	1 917	10 114

2° Lumière.

	NOMBRE D'ABONNÉS	NOMBRE DE LAMPES 10 BOUGIES
Au 15 juin 1899.	838	36 266
Au 30 avril 1900	2 245	85 816
Au 30 avril 1901	3 585	118 967
Au 30 avril 1902	4 987	149 211

Par un phénomène maintenant bien connu qu'on peut qualifier de phénomène « d'emboîtement », les demandes des clients, quand ils sont suffisamment nombreux et divers ne s'additionnent pas; elles « s'emboîtent » dans une certaine mesure de telle sorte qu'on peut avec sécurité desservir un ensemble d'abonnements représentant une puissance totale presque double, en tenant compte des pertes, de celle que l'Usine Centrale aura à produire.

Les graphiques de consommation donnent une idée des irrégularités journalières de la puissance développée par l'usine de Cusset, un jour d'été et un jour d'hiver. On y constate l'élévation peu durable mais accentuée que présente le diagramme d'hiver entre 5 heures et 5 heures et demie du soir. Voici maintenant deux chiffres qui permettront de mesurer avec précision l'importance du phénomène « d'emboîtement » signalé il y a un instant.

Le 5 juin 1901, l'usine a développé au maximum dans la journée 5 003 *ch* sur l'arbre des turbines pour un service d'abonne-

ment (force motrice mesurée sur l'arbre des moteurs) de 8 720 *ch*. Le coefficient d'utilisation a été de 57,4 0/0. Notons que pendant ce mois de juin la production totale d'énergie (12 472 080 hectowatts-heure) équivalait à une puissance continue pendant vingt-quatre heures de 1 732 *ch*. seulement.

Le 4 décembre 1901, le maximum de la puissance développée a été de 8 166 *ch* sur l'arbre des turbines pour un service d'abonnement, force motrice et lumière de 16 850 *ch* (dont 9 540 pour la force et 7 310 pour la lumière). Le coefficient d'utilisation a été de 48,4 0/0. Pendant ce mois de décembre la production totale d'énergie (16 863 360 hectowatts-heure) équivalait à une puissance continue de 2 279 *ch*.

Depuis sept ans déjà, dans la région stéphanoise fonctionne une distribution tout à fait analogue aux entreprises suisses que je vous citais tout-à-l'heure, admirable par ses conséquences sociales, qui conservent à l'ouvrier rubanier les bienfaits de la vie de famille et de la vie de campagne, remarquable aussi par sa conception technique basée sur la mise en œuvre solidaire de plusieurs foyers d'énergie différents : chutes d'eau et machines à vapeur, se complétant les uns les autres.

Nous devons signaler encore quelques entreprises récentes de la région de Grenoble qui, tout en constituant des entreprises privées établies par voie de simple permission, n'en prennent pas moins, par la multiplicité des emplois et des clients, le caractère de distributions collectives. Là encore, il faut citer en première ligne M. Bergès qui, ayant su tirer du ruisseau infime de Lancey une force de 4 000 à 5 000 *ch* et n'en ayant pas l'emploi dans sa papeterie, fournit de la lumière à 15 communes du Grésivaudan et de l'énergie aux tramways électriques de Grenoble à Chapareillan (43 *km* de longueur).

D'autres installations semblables, n'ayant pas trouvé d'emplois dans les fabrications électrochimiques, cherchent les débouchés dans le transport et la distribution. Telles sont l'usine de Livet sur la Romanche (10 000 *ch*), les usines d'Avignonnet et de Champs sur le Drac (de 7 à 8 000 *ch* chacune), l'usine d'Engins, près de Sassenage (1 300 *ch*), l'usine de St-Béron. Signalons en passant la gêne causée à l'une de ces entreprises par une condition draconienne d'utilisation sur place insérée par la commune par l'acte de cession des droits de riveraineté. Ces usines ont trouvé des clients depuis Grenoble jusqu'à Bourgoin, dans un rayon de plus de 100 *km*. Elles comptent vendre de l'énergie aux

Compagnies de tramways ainsi qu'à la Compagnie des Mines de la Mure, qui doit actionner par l'électricité tout son outillage (1), suivant en cela l'exemple déjà donné à Marles, à Blanzy, à Decize, etc., et dans plusieurs exploitations étrangères.

La combinaison financière très curieuse qu'a adoptée pour la création de l'usine de Champ la Société de « Fure et Morge » mérite d'être signalée.

Cette Société a passé des contrats de location de trente ans avec un groupe d'industriels réunis en société civile. Au bout de trente ans, les locataires deviendront propriétaires et la Société de « Fure et Morge » dont on a calculé qu'à ce moment toutes les dépenses seraient amorties, disparaîtra.

Autre particularité intéressante : les deux usines voisines d'Avignonnet et de Champs, exploitant la même région, se sont entendues pour établir leur canalisation primaire sur les mêmes poteaux et à la même tension de 26000 volts. Le courant triphasé à 50 périodes, adopté pour les deux usines, l'est aussi, avec des voltages différents, dans presque toutes les entreprises de distribution de la région, et c'est là un premier acheminement vers la soudure et l'unification des réseaux voisins.

Les industriels de Lyon, de Grenoble et de Voiron sont très satisfaits des moteurs triphasés, plus souples et plus robustes que les moteurs continus. Le courant secondaire qui les actionne est le plus souvent à la tension de 110 volts, quelquefois à la tension de 1000 volts et même de 2000 volts.

De tous les faits que je viens de citer il semble bien résulter que l'avenir des forces hydrauliques est surtout dans les entreprises de transport et de distribution.

A mon avis le développement normal de ces entreprises ne comporte ni concurrence ni juxtaposition de canalisations coûteuses faisant double emploi. La lutte à Lyon entre deux Compagnies puissantes, distribuant toutes les deux concurremment la lumière et l'énergie, n'a pas duré plus de deux ans. On peut prévoir, les mêmes causes devant produire les mêmes effets, que la concurrence qui existe aujourd'hui autour de Grenoble, entre des usines qui n'étaient d'ailleurs pas créées pour cela, sera également éphémère.

Tout récemment, j'ai pris soin de demander à M. Blondel si, rééditant son ouvrage sur les distributions d'énergie qui date

(1) On entrevoit le moment où des réseaux de distribution desserviront les moindres villages de la région comprise entre Grenoble et Lyon.

de 1899, il aurait des modifications à y apporter. « J'aurais à « modifier, m'a répondu M. Blondel, l'évaluation des distances « auxquelle l'énergie peut être pratiquement transportée. D'après « l'expérience des Américains, ce n'est plus à 150, c'est à 300 *km* « qu'on peut songer aujourd'hui à transporter l'énergie et à la « distribuer. » Si, en quatre ans, le rayon d'action des Forces hydrauliques s'est ainsi élargi, on peut avoir confiance dans l'avenir et penser qu'un jour des transports à 500 *km* n'effraieront plus personne. Ce jour-là peut-être, suivant les conceptions grandioses de M. Mahl (1), l'énergie des Alpes désolées viendra sans doute jusqu'ici éclairer la Ville-Lumière.

Tarification.

Le problème délicat entre tous qui se pose à propos des entreprises de distribution, est celui de la tarification.

Nous nous sommes déjà fait une idée du prix de revient, mais seulement du prix de revient de la force continue, le seul qu'on puisse chiffrer. Quand on aura affaire à des clients prenant la force, les uns d'une façon discontinue mais régulière, les autres à leur convenance, comment les traitera-t-on ?

Le problème commercial de la tarification se pose ici dans des conditions toutes nouvelles. Les organes mécaniques qui transforment l'énergie des cours d'eau offrent en effet ce caractère spécial de ne pas occasionner beaucoup plus de dépenses lorsqu'ils marchent que lorsqu'ils sont immobiles : quelques frottements, un peu d'huile et un peu d'usure, voilà tout ce qu'il en coûte. Les restes de force sans emploi peuvent être livrés à un bas prix qu'on commence à peine à soupçonner et ils peuvent trouver certaines utilisations qui s'en accommodent. Nous citerons par exemple, dans les villes : les remplissages de réservoirs pour distributions d'eau ; dans les campagnes : les élévations d'eau pour irrigations.

C'est là un phénomène qui doit préoccuper par-dessus tout l'économiste et le législateur ; non pas que, pour accélérer la marche de cet abaissement progressif du prix de la force, il soit sage de compter exclusivement sur l'État intervenant par des tarifications maxima inscrites au cahier des charges ou par toute autre mesure de ce genre ; des tarifications semblables agissent

(1) *Réseau Général des Forces naturelles hydro-électriques*, par L. Mahl, ingénieur. — Imprimerie de Vaugirard Paris 1902.

souvent sur les exploitants comme de véritables aimants, à l'influence desquels ils ne s'arrachent que difficilement. Mais on peut espérer qu'un exploitant, ne consultant que son propre intérêt, en arrivera peu à peu à baisser ses prix autant qu'il le faudra pour utiliser complètement ses installations, cela à une condition : c'est qu'il n'ait pas à craindre qu'on lui impose en même temps, par esprit d'uniformisation, l'abaissement des tarifs déjà appliqués, c'est-à-dire qu'il jouisse de la liberté commerciale.

En résumé, on devra, dans cette industrie de la mise en valeur et de la vente des forces hydro-électriques, bien plus encore que dans toute autre, user d'une tarification très élastique, basée sur la valeur du service rendu, faire payer à chaque client ce qu'il peut payer, suffisamment à l'un, infiniment peu à l'autre ; et, pour pousser l'exploitant vers ce but, un régime libéral, qui ne gênera que le moins possible la souplesse de ses tarifs, paraît encore le meilleur.

On a cherché par diverses formules de tarification fort ingénieuses, dont l'analyse nous entraînerait trop loin, à inciter le client, soit à accroître ou à régulariser sa consommation, soit à utiliser de préférence les heures où l'usine centrale est la moins chargée. Citons dans cet ordre d'idées, les tarifs de Hopkinson et Wright, appliqués à Milan et ceux de Kapp, Broun et Routin, fondés sur l'emploi de compteurs spéciaux.

A mon avis, les formules mathémathiques ne peuvent suppléer, au point de vue commercial, à l'étude attentive des débouchés ; on ne doit les considérer que comme de simples barèmes de dégrèvements applicables à une seule catégorie de clients en faveur de ceux qui ont la consommation la plus forte et la plus régulière. Mais, si l'on considère les autres catégories, il est nécessaire de conserver pour chacune d'elles, comme on le fait très généralement, une tarification distincte. Il sera du reste particulièrement commode dans le cas actuel, de faire accepter ces différences de traitement par les clients eux-mêmes, en les classant d'après le caractère plus ou moins impérieux des conditions de livraison de l'énergie dont ils ont besoin. En première ligne viendront les fournitures de lumière, en seconde ligne celles de force ; et parmi les diverses industries qui demandent de la force, il conviendra de distinguer celles qui l'exigent à leur heure, comme les chemins de fer et les tramways, et celles qui sont plus accommodantes. Aux industries

classées les dernières, on pourra arriver à offrir des prix extrêmement bas. Or, par une heureuse coïncidence, il arrive généralement que les industries les moins exigeantes, au point de vue des conditions de livraison de l'énergie, sont en même temps celles qui réclament le plus impérieusement des tarifs réduits.

Une combinaison bien commerciale adoptée à Genève mérite d'être mentionnée tout particulièrement. En attendant que les demandes de la petite industrie viennent absorber peu à peu la puissance disponible de ces usines, le Conseil administratif passe avec les industriels désireux d'essayer des brevets d'électro-chimie, des contrats provisoires résiliables au bout de cinq ans ; les prix consentis sont aussi bas que pour les chutes des Alpes les plus avantageuses. Il semble même que, comparés au prix de revient, ils doivent mettre l'exploitant en perte. Tout le monde, néanmoins, trouve son compte à ce marché : la ville de Genève qui encaisse sans suppléments appréciables de dépenses un bénéfice additionnel et l'industriel qui prépare, dans d'excellentes conditions, son installation définitive.

A Lyon, des contrats provisoires semblables sont passés avec certains gros industriels.

Voici quelques prix bas pratiqués dans les régions de Grenoble ou de Lyon.

M. Bergès vend l'énergie nécessaire au tramway de Chapareillan en la mesurant au moment du besoin en eau tombée du réservoir. Le prix est de 100 *f* par cheval-an, ce qui correspond à 1,5 *c* par kilowatt-heure. Ce prix est élevé si on le compare au prix de la force continue qui peut descendre dans cette ré-région avec le risque des intermittences dues aux étiages à 30 *f* le cheval-an mesuré sur la turbine ; mais il est extrêment bas si on le compare au prix du kilowatt-heure électrique vendu au compteur.

La ville de Grenoble vient de traiter avec l'usine de Livet pour des grosses fournitures d'énergie transportées aux portes de la ville.

Les prix convenus sont, en ce qui concerne la lumière, de 12 *c* le kilowatt-heure pour le premier million de kilowatts-heure fourni en un an, de 6 *c* pour les kilowatts excédant ce million.

En ce qui concerne la force motrice le prix est de 3 *c* le kilowatt-heure compté chez l'abonné.

A Lyon l'énergie distribuée se vend au compteur de 9,5 c à 28 c le kilowatt-heure pour la force, 60 c pour la lumière.

Un tarif extrêmement intéressant est celui de l'usine de « Fure et Morge » qui, pour la vente de l'énergie aux industriels, n'a que deux prix :

125 f pour le cheval de 12 heures
150 f pour le cheval de 24 heures

La comparaison des deux chiffres montre que les industriels de Voiron vont avoir chez eux, pour 25 f par an, le cheval électrique correspondant aux douze heures de nuit. Ce sera à eux à s'ingénier pour tirer parti de ce « solde » qui leur est laissé à si bon compte. Et, d'après l'opinion de certains spécialistes, il semble qu'à ce prix l'énergie hydro-électrique pourrait être, dans certains cas, utilisée pour le chauffage.

Traction et irrigation.

Il y aurait lieu de parler encore de deux débouchés considérables que réserve l'avenir à l'énergie hydro-électrique : la traction et l'irrigation. Mais le temps nous manque vraiment pour le faire avec quelques détails.

Du problème technique de la traction sur les grandes lignes de chemins de fer, on peut dire, semble-t-il, que, s'il n'est pas résolu aujourd'hui, il le sera demain par les expériences qui se poursuivent un peu partout en Suisse, en France, en Allemagne, en Amérique surtout et en Italie. Mais le problème économique est autrement délicat : on se heurte d'abord à une dépense colossale de renouvellement de matériel. Il est donc sage de prévoir une période de transition très longue, et une méthode de transformation progressive qui utilise jusqu'à l'usure l'ancien matériel. Ne serait-il pas rationnel, dans cet ordre d'idées, de commencer par les lignes de montagnes où les déclivités sont fortes et les sources naturelles d'énergie abondantes, puis de faire bénéficier d'abord le service des voyageurs d'une réforme d'exploitation qui aura pour eux cet avantage inappréciable d'exiger, pour être économique, la substitution des trains légers, fréquents et rapides, aux trains lourds rares et lents? Pour les lignes anciennes surchargées, l'adoption de la traction électrique fournit un moyen d'accroître la capacité de transport et pour les lignes nouvelles, à créer en pays accidenté, elle fournit également un moyen de modifier, dans un sens économique, les conditions

d'établissement. Tous ces avantages sont maintenant bien connus, bien étudiés. La Compagnie P.-L.-M. a inauguré, avec succès, la ligne du Fayet à Chamonix; on peut prévoir que les applications se multiplieront, bien que, pour ce moment, une crise passagère soit venue, dans le domaine de la traction électrique comme dans celui de l'électro-chimie, succéder à une poussée peut-être un peu trop brusque et trop effervescente.

En Italie, où il n'existe pas de gisements houillers de quelque importance, l'amour-propre national attache le plus grand prix à ce que les chemins de fer utilisent les forces hydrauliques. Des essais de traction électrique ont été entrepris un peu partout sur les deux réseaux de l'Adriatique et de la Méditerranée, mais spécialement autour de Milan.

La traction électrique sur la ligne de Milan à Gallarate (réseau de la Méditerranée) a été inaugurée l'automne dernier avec une complète réussite. On n'a du reste rien innové au point de vue électrique. Le transport se fait par des courants triphasés à 12 000 volts et l'alimentation des locomotives par du courant continu à 650 volts. Le nombre des trains entre Milan et Gallarate a, de suite, été porté de 24 à 42, il sera de 72 au prochain service d'été. Le nombre des voyageurs a augmenté de 70 0/0.

Sur les lignes de la Valteline (réseau de l'Adriatique), où l'on a adopté des dispositions électriques nouvelles et hardies reposant sur l'emploi de moteurs triphasés à la tension de 4 000 volts, les installations sont terminées et l'on poursuit en ce moment la mise au point de tous ces organes complexes dont va dépendre le bon fonctionnement de l'exploitation. Quand on songe au temps qui a été nécessaire pour amener la machine à vapeur au degré de perfection encore relatif où elle se trouve aujourd'hui, on est tout disposé à accorder aux Ingénieurs de la Valteline le crédit de quelques mois qu'ils demandent.

Nous n'insisterons pas sur ces essais italiens déjà connus. Ce qui l'est moins (c'est à l'obligeance de MM. Tremontani et Cairo que nous devons, sur ce point, des renseignements précis), c'est que l'application de la traction électrique a été étudiée et préparée sur un très grand nombre de lignes et que, parallèlement, on a étudié les forces hydrauliques qui devraient être réservées en vue de cette application.

Une Commission spéciale fonctionne à Rome pour préparer, en tenant compte de tous les intérêts en cause, les décisions de l'autorité publique.

Dans cette question de l'utilisation, pour la traction, de l'énergie hydro-électrique, le problème le plus délicat, celui sur lequel le sujet même de notre entretien doit appeler notre attention, touche à la nature du lien à établir entre l'usine productrice d'énergie, et le chemin de fer.

Les chiffres cités au sujet du tramway de Grenoble à Chapareillan ne sont pas une exception. Certains Ingénieurs italiens ont évalué l'énergie moyenne consommée par la traction d'un chemin de fer, au sixième de l'énergie maximum réclamée à certains moments. Ce n'est là, bien entendu, qu'une indication d'ensemble : certaines lignes présentent des variations plus accusées et d'autres une régularité plus grande. Dans ce calcul, on ne fait entrer que les écarts d'une journée; on ne tient pas compte des variations saisonnières, non plus que des réserves nécessaires pour remédier aux accidents et parer au développement du trafic. Dans ces conditions, conviendra-t-il qu'une Compagnie de chemins de fer aménage et exploite, exclusivement pour elle, une source d'énergie dont elle n'utilise normalement qu'une infime partie? Ne sera-t-elle pas entraînée, par cela même, à des dépenses exorbitantes, et pour tirer de l'énergie hydro-électrique tous les avantages économiques qu'elle peut en attendre, ne lui faudra-t-il pas, pour l'aménagement et l'usage des usines hydrauliques, se résoudre à les partager avec d'autres, ou mieux, à les abandonner à d'autres, moyennant certaines précautions? Pour les usines centrales à vapeur de tramways, le besoin impérieux s'est déjà fait sentir de les rendre indépendantes et de chercher des utilisations complémentaires.

La traction électrique des bateaux sur les canaux ou les rivières a été fort prônée, on le sait, aux derniers congrès de navigation. Il est bien vrai qu'en général elle se fera avec des usines à vapeur. Là où les cours d'eau ont des forces, c'est-à-dire de la pente, ils ne sont pas navigables, le plus souvent, et, dans les plaines où la batellerie s'est développée, les forces hydrauliques sont insignifiantes (1). Mais la rencontre des voies navigables et des usines hydrauliques peut, sur certains points, se faire; elle s'est faite à Jonage, dont la dérivation établie par les seules ressources de l'industrie constitue, par surcroît, un superbe bief navigable de 18 *km*. Pour qu'on puisse y employer

(1) On peut signaler cependant que la question de l'utilisation des forces hydrauliques aux barrages des rivières canalisées figure au programme du 9e Congrès de navigation qui doit être prochainement tenu à Dusseldorf.

la traction électrique, il ne manque que des bateaux. Si d'autres dérivations semblables à Jonage pouvaient être établies le long du Rhône et reliées entre elles dans des conditions de dépenses acceptables, elles constitueraient, en même temps qu'une source d'énergie puissante, une voie navigable de premier ordre. C'est là tout le problème de « l'aménagement du Rhône ». Ce problème, vaste entre tous, séduisant pour les uns, utopique pour les autres, n'est pas prêt d'être résolu. Il mérite, en attendant, de provoquer les études et les recherches des Ingénieurs. En Italie les mêmes problèmes s'agitent à propos du Pô, de ses affluents et de ses canaux. M. l'Ingénieur Gallavresi entrevoit le réveil de la navigation intérieure dans son pays par l'utilisation des forces hydrauliques.

Pour le développement de l'irrigation, le concours des usines hydrauliques peut être extrêmement précieux et économique, surtout quand on emploiera à des élévations d'eau ces restes de forces difficilement utilisables dont nous avons parlé. Dans ces conditions, on pourra souvent, même avec des transports à distance, descendre aux bas prix nécessaires à l'agriculture. Les canaux extrêmement coûteux qu'on a établis pour arroser de vastes périmètres à des prix uniformes, ont donné, jusqu'ici, des résultats financiers déplorables, dont on ne peut entrevoir l'amélioration qu'à longue échéance. La substitution aux branches-mères des machines élévatoires hydro-électriques présentera cette grande supériorité économique de morceler les entreprises d'irrigation autant qu'il sera nécessaire, de desservir immédiatement les zones prêtes à utiliser l'eau et à la payer, de suivre pas à pas la marche des progrès agricoles.

Il ne faut donc pas trop s'arrêter aux calculs qui tendraient a écarter, *a priori*, ce mode d'utilisation, en raison des dépenses de premier établissement. Les élévations d'eau pour irrigations doivent être payées, nous venons de le remarquer, aux prix réduits des utilisations accessoires s'accommodant des heures de travail dont personne ne veut. Tel est le cas déjà cité de l'industriel de Voiron qui, pendant douze heures de nuit, paie 25 *f* par an le cheval électrique transporté à grande distance. A ce prix, en supposant un rendement de 60 0/0 pour les pompes élévatoires, l'élévation à 30 *m* du litre par seconde, nécessaire à l'arrosage d'un hectare, coûterait, comme dépense d'énergie, 33 *f* par an, prix fort acceptable pour l'agriculture, inférieur au prix de vente et surtout au prix de revient de l'eau fournie par les branches-

mères de beaucoup de canaux. Et encore dans ce calcul ne tient-on pas compte du parti qu'on pourrait tirer de l'énergie aux moments où l'on n'arrose pas.

Comparaison au point de vue des dépenses de premier établissement entre les industries diverses et les services publics utilisant une chute d'eau.

Nous avons vu que les dépenses de premier établissement du cheval hydraulique, mesuré sur l'arbre des turbines, variaient pratiquement, suivant les circonstances de 100 *f* à 2 000 *f* et au delà, c'est-à-dire dans la proportion de 1 à 20; les écarts entre les dépenses à faire pour utiliser ce cheval varient dans une proportion plus forte encore. En ce qui concerne les industries électro-chimiques ou électro-métallurgiques, le coût total, par cheval, des fours, appareils d'électrolyse, usines et installations diverses servant au traitement des sous-produits, peut aller de 20 *f* (pour le carbure de calcium) jusqu'à 2 000 *f* (pour la soude), avec des chiffres intermédiaires pour d'autres produits. S'il s'agit de transport et de distribution, le coût par cheval des canalisations, appareils électriques de génération et de transformation, peut varier aussi, nous l'avons vu, entre des limites étendues. M. Blondel indique comme chiffre minimum 500 *f* pour le cheval simplement transporté et comme chiffre maximum 3 000 *f* pour le cheval transporté et distribué par un réseau ramifié. Pour les entreprises de traction il en est exactement de même. Dans le cas d'un chemin de fer électrique coûtant 200 000 *f* par kilomètre y compris les dynamos et canalisation et consommant 50 *ch* par kilomètre, l'immobilisation sera de 4 000 *f* par cheval.

Ces remarques suggèrent, semble-t-il, une double conclusion :

1° La nature et la durée du lien à créer par voie de concession, location ou abonnement, entre la chute d'eau qui produit l'énergie et l'industrie ou le service public qui l'utilise, devra dépendre de l'importance respective des capitaux immobilisés ;

2° Quand les capitaux immobilisés dans l'industrie utilisatrice seront considérables, il sera logique de prévoir, pour les garantir, la mise en œuvre solidaire de plusieurs chutes d'eau pouvant se suppléer. Et c'est ainsi que nous retrouvons, en nous

inspirant de considérations purement financières, cette notion du réseau de distribution unique recevant l'énergie de plusieurs sources et la distribuant entre plusieurs clients.

Répartition d'ensemble de la puissance hydraulique.

Maintenant que nous avons passé en revue les principales utilisations qu'on peut entrevoir pour la puissance hydraulique, il sera peut-être bon de nous rendre compte très sommairement, par quelques chiffres, de l'importance probable de chacune de ces utilisations.

Nous bornerons nos investigations à la région des Alpes que nous avons déjà considérée. C'est assurément, dans toute la France, celle où il existe par rapport aux besoins actuels, la plus grande surabondance de forces hydrauliques.

La population totale de la région comprise entre les frontières suisses et italiennes et le Rhône est de 4 300 000 habitants, soit 62 habitants par kilomètre carré. Si l'on suppose que les entreprises de distribution d'énergie, lumière et force, absorberont à la longue un cinquième de cheval par habitant, l'ensemble de ces entreprises utiliserait 680 000 *ch*. Le réseau des chemins de fer ou de tramways présente dans la même région un développement total de 4 400 *km*, dont 2 700 *km* appartiennent au réseau P.-L.-M.; au taux de 50 *ch* par kilomètre, cela représente seulement 220 000 *ch* employés et même avec la dotation de 100 *ch*, il n'y aurait d'utilisés que 444 000 *ch*.

Comme terme de comparaison nous pouvons signaler que, dans la même région, l'ensemble des usines à vapeur recensées par le service des Mines représente une puissance totale de 120 000 *ch*; celle des locomotives P.-L.-M., comptée au prorata de la longueur du réseau englobé, atteindrait 360 000 *ch*. Tout compte fait, si l'on fait entrer en ligne les énormes résidus de force laissés disponibles par les entreprises de distribution de traction, on reconnait que, dans l'ensemble, les forces hydrauliques de la région considérée paraissent suffisantes pour faire face à tous les besoins connus et constituer, en même temps, pour les emplois nouveaux provoqués par les bas prix, une réserve qui ne sera pas sitôt épuisée.

Une telle surabondance de forces hydrauliques est-elle de nature à effrayer pour l'avenir des mines? On peut aisément arriver à se convaincre que non seulement il n'y a aucune

crainte à avoir sur ce point; mais que toutes nos industries sans exception seront appelées à bénéficier dans la plus large mesure de l'essor industriel colossal qui suivra l'aménagement de nos forces hydrauliques.

L'éclairage électrique qui devait tuer le gaz n'a fait autre chose que de développer considérablement sa production. Le fait est surtout frappant à Lyon et dans les grandes villes du Nord de l'Italie ou arrive à profusion l'énergie hydro-électrique.

En ce qui concerne les machines à vapeur, nous avons constaté précédemment qu'à jouer simplement vis-à-vis de la puissance hydraulique, partout où elle rayonnera, le rôle de machines auxiliaires et à la suppléer là où elle ne pourra pas atteindre, les machines à vapeur avaient en perspective un rôle plus important sans doute que celui qu'elles ont joué jusqu'ici. Aux esprits positifs que ne persuadent pas les analogies et les raisonnements, on peut, dès aujourd'hui, apporter des chiffres. Qu'ils compulsent les statistiques, ils verront que, dans les pays les plus avancés au point de vue de l'aménagement des forces hydrauliques, la Suisse et l'Italie, la progression des importations de houille n'a pas fléchi, qu'il en est de même chez nous pour la consommation des départements de l'Isère et de la Savoie. A Lyon qui crie famine, en dix ans, malgré Jonage, la puissance totale des appareils à vapeur a doublé.

Les générations qui nous suivront seront peut-être bien forcées un jour de se passer de houille noire et de se contenter de la « houille blanche ».

A ce moment, fort heureusement, non seulement celle-ci ne se sera pas épuisée en servant, mais, si l'on prend quelques précautions pour cela, si l'on n'aliène pas inprudemment l'avenir, l'amortissement des dépenses des premiers aménagements pourra permettre d'en entreprendre d'autres.

En attendant, sans nous arrêter plus longtemps à des vues trop lointaines, dans la période de transition où nous sommes, il semble qu'il y a quelque chose de plus qu'une faute industrielle à continuer, là où le charbon peut être économisé, à consommer ce pain de l'industrie qui devient chaque jour plus rare et plus précieux. Ce serait là un véritable gaspillage de notre trésor industriel national; ce serait entamer notre capital, quand nous pouvons vivre sur notre revenu.

Insuffisance de la législation. - Réformes proposées.

Si je crois nécessaire, en terminant, de dire un mot des obstacles que rencontre aujourd'hui la mise en valeur de nos forces hydrauliques et des réformes législatives qui ont été proposées pour permettre de les surmonter, je ne le ferai que d'une façon très sommaire, très générale en me plaçant au point de vue pratique qui doit surtout préoccuper les Membres de la Société des Ingénieurs civils, hommes d'affaires et non hommes de loi, habitués, pour agir vite, à suppléer dans chaque cas aux lacunes de la législation plutôt qu'à réclamer des réformes générales et à discuter des doctrines.

La première question qui se pose est celle-ci : Est-il bien nécessaire de faire une loi nouvelle et ne pourrait-on pas avec un peu d'ingéniosité s'accommoder des lois existantes ? J'ai signalé longuement ailleurs les difficultés de toute sortes qui se rencontrent quand on applique à des dérivations industrielles de plusieurs milliers de chevaux des lois et des règlements créés jadis (et parfaitement suffisants aujourd'hui encore) pour le petit moulin dont la puissance moyenne était, il y a vingt ans, de 4 *ch* environ.

En ce qui concerne les cours d'eau non navigables ni flottables dont nous nous occuperons plus spécialement, le régime actuel est celui de la permission accordée, sous réserve du droit des tiers, au propriétaire riverain qui la demande, permission ne conférant aucun droit de servitude ou d'expropriation, n'imposant par contre aucune obligation en dehors de celles qui concernent l'écoulement des eaux et la sécurité. Bien que la loi ne reconnaisse pas aux riverains la propriété de la pente des eaux qui, en droit, est *res nullius*, en fait les propriétaires riverains seuls ou leurs ayants droit ont la possibilité matérielle d'en tirer parti. Pour une usine hydraulique d'une sérieuse importance industrielle, il faut en général le consentement amiable de plusieurs centaines de propriétaires parmi lesquels on peut distinguer : 1° les riverains, 2° les détenteurs des parcelles à occuper par la dérivation, l'usine, les canaux de décharge, chemins d'accès, etc. On a réussi au début avec beaucoup de patience à obtenir la cession plus ou moins complète des « droits de riveraineté » et la vente amiable des terrains traversés. Mais l'industrie des « barreurs » a pris naissance et la réussite aujourd'hui

devient rare. Parfois on a été acculé, par quelque entrave, à des solutions techniquement imparfaites. Souvent aussi on a dû renoncer à grouper la totalité des « droits de riveraineté » et s'exposer ainsi, certains procès retentissants en témoignent, à de graves difficultés. Tous ces obstacles qu'on a pu dans certains cas franchir ne peuvent aller qu'en se multipliant. L'opinion de tous les industriels semble là-dessus être unanime et elle est unanime aussi à réclamer une loi qui les mette à l'abri des « barreurs », des propriétaires récalcitrants et oubliés, c'est-à-dire en somme, bien qu'on ait trouvé d'autres vocables, une loi d'« expropriation ».

Le régime de la « concession » avec déclaration d'utilité publique a paru tout indiqué pour briser les résistances. Il convenait assurément de l'adapter aux circonstances. Il fallait par-dessus tout laisser au concessionnaire la liberté industrielle en réclamant seulement de lui comme compensation des droits d'expropriation qu'on lui conférait les garanties indispensables aux services publics. Mais il ne paraissait pas impossible de concilier les deux points de vue, et c'est à ce but commun que tendaient avec quelques variantes les projets proposés par le Gouvernement et par la Commission parlementaire, basés tous les deux sur le principe de la « concession ».

Ces projets de loi ont rencontré ici même (1) des approbations précieuses ; ils ont suscité aussi des critiques qui se sont traduites par des amendements et des contre-projets et c'est là un premier résultat qui, en attendant mieux, me paraît extrêmement utile. Ce mouvement d'opinion que l'importance de la question a partout fait naître, cette vaste enquête qui se poursuit spontanément dans tous les milieux, seront sûrement de nature à attirer dès maintenant l'attention du législateur et à éclairer plus tard ses décisions.

Je ne veux pas rouvrir ici un débat qui, malgré la lumière qu'on y a déjà portée, reste encore extrêmement complexe et touffu, et sembler venir plaider une thèse. Ceux qui désireraient approfondir la question pourront consulter les derniers Bulletins de la Société d'Études législatives et y lire le compte rendu d'une discussion juridique très développée à laquelle ont pris part d'éminents jurisconsultes (2).

(1) Congrès national des Travaux Publics, tenu en 1900, à l'Hôtel des Ingénieurs Civils. Compte rendu p. 212.

(2) *Bulletin de la Société d'Études législatives*, 1901-1902, n°s 2, 3, 4. — A. Rousseau, éditeur.

En terminant, nous allons examiner dans quelle mesure, étant donnée la situation législative actuelle qui, il ne faut pas se le dissimuler, peut durer encore, il est possible de créer de grandes usines hydrauliques, remplissant toutes les conditions techniques et économiques que nous avons été amenés à considérer comme les meilleurs. Cet examen nous suggérera du même coup quelques indications tout à fait générales sur les mesures qui semblent particulièrement urgentes.

Nous serons, je pense, tous d'accord pour penser que le plus pressé est d'étudier les problèmes encore obscurs dont nous n'avons pu qu'entrevoir les solutions probables. Il faut avant tout faire l'inventaire de notre richesse hydraulique, connaître les profits en long, le régime hydrologique des divers cours d'eau et les moyens qui se présentent de régulariser les écoulements. C'est la seule manière d'éviter par la suite, dans la marche des aménagements, tous solidaires les uns des autres, les gaspillages et les fausses manœuvres. La question s'est posée à ce propos, de savoir qui règlerait cette marche plus tard, lorsqu'une loi quelconque sera intervenue pour empêcher qu'elle ne dépende uniquement, comme cela arrive aujourd'hui, du bon plaisir des riverains et du hasard des traités amiables. Sera-ce le libre choix des industriels ou des concessionnaires qui se présenteront pour créer des usines hydrauliques? Sera-ce l'autorité publique? Les industriels, les concessionnaires qui visent des gains rapides, sont assurément les meilleurs juges des contingences industrielles du moment. Ils commenceront naturellement par les sections de cours d'eau les plus avantageuses en tenant compte à la fois des dépenses de premier établissement et des débouchés probables et à cela je ne vois aucun inconvénient, pourvu qu'ils réservent la possibilité d'aménager, plus tard, les autres sections.

Il semble bien que l'administration a, de son côté, le devoir de ne pas laisser sacrifier l'avenir au présent. Ses décisions toutefois ne peuvent être guidées que par des études extrêmement approfondies et prolongées ; le plus pressé paraît donc être de les entreprendre et de les poursuivre partout avec ténacité. Quand elles auront mis en évidence tous les éléments des décisions à prendre il est à supposer qu'on ne discutera plus guère. En face des forces aveugles de la nature à discipliner, la solidarité humaine s'affirmera.

Là où le problème devient ardu et où il ne peut moins faire

que d'éveiller des conflits répondant à des divergences d'intérêts, c'est quand il s'agit de savoir par qui la richesse hydraulique sera aménagée, dans quelles conditions et à quels emplois elle sera utilisée. Je me suis efforcé de montrer à quelle multiplicité d'emplois variés l'énergie hydro-électrique se prêtait, quel intérêt il y avait à n'en exclure aucun, à ouvrir la porte toute grande à toutes les initiatives. Avant d'agir, avant d'immobiliser des capitaux considérables dans l'usine hydraulique ou à côté, il faut assurément étudier tout d'abord et comparer toutes les combinaisons. Il faut qu'en défrichant ce vaste champ qui s'ouvre à l'activité industrielle du pays, on se rende compte exactement du « meilleur emploi pour la meilleure chute d'eau ». Mais supposons qu'après de sérieuses études, des industriels, des concessionnaires de services publics veuillent réaliser une conception qu'ils croient bonne, c'est-à-dire aménager une puissance hydraulique déterminée en vue de la création de fabrications électrochimiques à un endroit propice, de l'établissement d'une distribution d'énergie, ou d'un chemin de fer électrique. Nous avons vu que c'était une nécessité économique qu'une même chute d'eau pût être affectée simultanément ou successivement aux modes d'utilisation les plus variés, présentant un caractère privé ou public.

Comment, avec la législation actuelle, ces industriels, ces concessionnaires arriveront-ils à leurs fins ? Deux voies s'ouvrent à eux : 1° la voie amiable, le marchandage préalable soit directement avec les riverains de la chute d'eau qu'ils convoitent, soit avec les intermédiaires qui, dans l'Isère et dans la Savoie, ont groupé entre leurs mains les droits de riveraineté ; 2° la voie de la déclaration d'utilité publique et de la concession.

Le premier procédé est souvent long et aléatoire ; défaut peut-être plus grave, il ne peut conduire qu'à une simple permission administrative précaire en ce qui concerne les cours d'eau du domaine public, réservant dans tous les cas les droits des tiers et laissant l'usine industrielle exposée à des revendications de toutes sortes.

Le second procédé, si on lui appliquait simplement le traitement réservé en France aux entreprises d'utilité publique, aux concessions de chemins de fer ou de tramways, serait beaucoup trop rigide ; il comporterait dans le contrôle de l'exploitation une ingérence préjudiciable au libre jeu des tarifs, à la recherche de tous ces sous-produits que je vous ai signalés.

C'est à faire disparaître ces inconvénients graves que tendent les projets de loi qu'on étudie en ce moment. La sérieuse difficulté qu'ils ont à résoudre, celle qui motive surtout les attaques, consiste à trouver une formule qui tienne compte dans une mesure équitable des situations acquises, qui garantisse et protège les industries productives, les initiatives fécondes, dont j'ai cherché à montrer les résultats admirables, mais non les accaparements stériles.

A défaut d'une refonte générale de la législation, la force des choses a déjà fait son œuvre. Des lois spéciales ont été votées, proposées ou étudiées pour faciliter certaines entreprises particulières. La dérivation de Jonage à Lyon a la première bénéficié d'une mesure de ce genre. Des lois sont en préparation concernant l'aménagement du Haut Rhône à sa sortie de Suisse, celui de l'Isère à son confluent avec le Rhône, le transport et la distribution à Marseille des forces provenant de la Durance. D'autres combinaisons ont été étudiées pour favoriser la mise en valeur des vallées alpestres par des concessions simultanées de chemins de fer électriques et de forces hydrauliques, celles-ci pouvant être librement employées à des usages industriels, après que les besoins de la traction auront été assurés.

Toutes ces lois spéciales constituent la meilleure préface aux réformes générales projetées.

Il serait à souhaiter que, sans se laisser décourager par les lenteurs qu'elles entraînent, non plus que par la défaveur financière, peu durable, sans doute, qui s'attache pour le moment aux entreprises électriques, on étudiât partout et on préparât mûrement, en vue de temps meilleurs, des solutions de ce genre. On éviterait sans doute ainsi les à-coups, les mécomptes qui, à la suite des périodes d'emballement, obligent à marquer un temps d'arrêt. On ferait des entreprises hydro-électriques ce qu'elles doivent être, ce que tout le monde désire qu'elles soient, une source de profits pour les particuliers, un élément de la grandeur industrielle du pays.

CHRONIQUE

N° 269.

SOMMAIRE. — Emploi du combustible liquide dans la navigation *(suite et fin)*. — Les moteurs des chemins de fer souterrains de Londres. — Les ruptures de volants. — Coût, longueur et recettes de quelques chemins de fer. — Distribution du gaz sous des pressions élevées. — Bryan Donkin. — Granit artificiel.

Emploi du combustible liquide dans la navigation *(suite et fin)*.

Logement de l'huile à bord. — Comme on l'a vu plus haut, les parties du navire inutilisables auparavant, à l'exception des espaces réservés au water ballast ou à l'eau douce, sont les mieux appropriés au logement de l'huile. Les compartiments du water ballast peuvent recevoir celle-ci sans qu'aucune modification soit nécessaire. Le Lloyd's Register a publié une série de règles applicables aux navires existants et le département maritime du Board of Trade a indiqué des précautions à suivre et, à la condition de les observer, il n'y a aucun obstacle à l'emploi du combustible liquide sur les navires destinés à recevoir des passagers.

On sait que le pétrole raffiné ou huile lampante a une faculté de pénétration singulière et peut suinter à travers des joints rivetés et mattés impénétrables à l'eau. Mais cette faculté n'est pas possédée par le combustible liquide que sa plus grande viscosité assimile à l'eau au point de vue qui nous occupe. Des assemblages ordinaires étanches à l'eau, comme ceux des coques de navires, sont tout à fait suffisants pour être impénétrables aux huiles de chauffage sous une charge égale à la hauteur du tirant d'eau.

Toutefois, dans les grands navires, les doubles fonds ont besoin de recevoir quelques cloisons étanches additionnelles dans le but d'avoir une division plus grande et d'éviter les chocs dus au ballottement du liquide dans des compartiments à moitié pleins.

Il est donné ici la description de l'installation du vapeur *Murex*, construit par MM. W^{m}. Gray et Cie, à West Hartlepool et non destiné à l'origine à brûler du combustible liquide, mais à transporter du pétrole raffiné aussi bien que des marchandises ordinaires dans les mêmes emplacements. Il y a deux ans, ce navire a été mis entre les mains de la Compagnie de Wallsend pour être approprié à l'usage du nouveau combustible.

On a utilisé pour son logement des doubles fonds qui se trouvaient sous le compartiment des machines et chaudières et des espaces placés dans les façons avant et arrière. Des bassins de décantation ont été installés à la hauteur de l'entrepont.

L'huile est amenée dans ceux-ci des réservoirs inférieurs par une pompe. Chacun de ces bassins est chauffé par un serpentin dans lequel circule de la vapeur; on élève ainsi un peu la température de l'huile,

ce qui la rend plus fluide et facilite la séparation de l'eau qui peut être mélangée lorsque les réservoirs ont servi auparavant de water ballast. Chaque bassin peut recevoir la quantité d'huile nécessaire pour une marche de vingt-quatre heures; on laisse le liquide reposer douze heures; l'eau arrive au fond à cause de son plus grands poids spécifique; on met alors le bassin en communication avec les brûleurs des chaudières, tandis que le second réservoir semblable reçoit son approvisionnement qui doit se décanter pendant la même période de douze heures. Tel est le principe de l'installation qui peut varier dans ses détails selon la position de l'appareil moteur dans les navires et les dispositions particulières de ceux-ci.

Dispositions des foyers. — Ces dispositions sont actuellement assez variables et il est probable qu'on y apportera encore des modifications pour réaliser le maximum d'effet utile et d'économie.

Comme il a été indiqué ci-dessus, l'huile est trop épaisse pour qu'on puisse la brûler sans la diviser très finement, ce qu'on obtient en la pulvérisant avec de la vapeur ou en la projetant avec force contre un obstacle ou, enfin, en la vaporisant avant de l'introduire dans les foyers. M. Howden emploie un système dans lequel l'huile est lancée dans le foyer en même temps que de l'air sous pression préalablement chauffé par les gaz de la combustion sortant des tubes. Ce procédé a été introduit avec succès sur les vapeurs du Lloyd de l'Allemagne du Nord *Tanglin* et *Packnam* par leurs constructeurs MM. Workman, Clark et Cie. Tous les vapeurs de la mer Caspienne ont le système de pulvérisation par la vapeur et quelques-uns sont en service depuis vingt ans.

Ce système est appliqué sur le *Murex* dont il vient d'être question. Ce navire est arrivé récemment dans la Tamise après un voyage de 11 800 milles, de Singapore par le Cap, et on n'a pas touché une seule fois aux foyers.

On brûlait précédemment 25 *t* de charbon par 24 heures. Pour la même puissance indiquée on consomme actuellement 16 *t* d'huile. Les foyers sont garnis en briques et il y a, dans la chambre de combustion, un autel placé contre la tôle verticale du fond et surmonté d'une garniture en briques, pour empêcher l'action directe de la flamme sur les têtes des entretoises et autres parties sujettes à souffrir d'une chaleur locale trop intense.

L'auteur de la communication décrit ici divers brûleurs réglables ou non, et la manière dont ils s'ajustent aux foyers.

Pendant les premières étapes de l'application du combustible liquide dans la marine marchande, on a souvent émis des doutes sur la possibilité de revenir rapidement au chauffage au charbon dans le cas où, pour une raison quelconque, on ne pourrait continuer l'emploi du pétrole.

Pour élucider ce point, la Compagnie de Wallsend, qui avait déjà installé le chauffage à l'huile sur plus de cinquante navires, a installé une disposition spéciale sur le *Trocas*. Les grilles primitives sont laissées en place et couvertes d'une sole de 0,20 *m* d'épaisseur formée de briques réfractaires concassées; il y a un autel en briques et une garni-

ture réfractaire à la partie supérieure du foyer au point où il débouche dans la chambre de combustion et à la plaque arrière de celle-ci, comme il a été dit précédemment.

Pour passer du chauffage au pétrole au chauffage au charbon, on écarte les brûleurs des portes des foyers et on les rabat contre la façade des chaudières; on ouvre les portes, on enlève la sole ou fragments de briques des grilles, on charge celles-ci de charbon, on allume celui-ci à la manière ordinaire ou en se servant de brûleurs à pétrole. Dans un essai à la mer du *Trocas*, en septembre dernier, le navire marchant à toute vapeur en brûlant de l'huile, le changement complet a été opéré en vingt-huit minutes. Il faut dire toutefois que, pour de longs voyages, il n'est pas à conseiller de laisser les grilles en place lorsqu'on brûle du pétrole. Mais, même dans ce cas, c'est-à-dire si on devait remettre les barreaux, le changement du mode de chauffage ne demanderait au plus que quelques heures.

La dépense de vapeur pour la pulvérisation du pétrole peut être évaluée à 90 *g* par cheval indiqué et par heure. Il est préférable de disposer par foyer deux brûleurs au lieu d'un seul de plus grande dimension, parce qu'ils sont plus faciles à régler et qu'on a une flamme plus uniforme. Le bruit très désagréable que faisaient les premiers brûleurs a disparu à peu près complètement avec les appareils récents.

Le système installé sur le vapeur du Lloyd de l'Allemagne du Nord *Ferdinand Laeisz* est le système Kösting qui n'emploie pas de vapeur pour la pulvérisation de l'huile.

Après que l'eau a été séparée, comme il a été indiqué plus haut, l'huile est élevée par une pompe à vapeur après avoir été filtrée et portée par un serpentin à vapeur à la température de 60° C. Au delà de la pompe elle est encore chauffée de manière à arriver à 90° et elle est alors injectée dans les foyers sous une pression de 2 *kg* par centimètre carré.

Un injecteur de forme hélicoïdale donne au jet d'huile un mouvement spiral, qui produit une sorte de pulvérisation de l'huile, laquelle s'enflamme en pénétrant dans le foyer où règne une température élevée. Il n'y a pas de barreaux de grille et les parois des foyers sont complètement garnies de briques; l'air est admis par des plaques perforées qu'on peut recouvrir plus ou moins pour varier le volume d'air. Ce système a donné d'assez bons résultats pour que la Compagnie Hambourgeoise-Américaine l'ait appliqué à quatre de ses paquebots.

Le système Meyer, employé sur les bateaux de la Compagnie Néerlandaise, fonctionne également sans vapeur, mais exige que l'air destiné à la combustion soit chauffé avant sa rencontre avec le pétrole.

Le foyer se prolonge hors de la chaudière par une partie annulaire avec des cloisons en spirale; c'est dans cette partie que l'air s'échauffe avant d'entrer dans le foyer proprement dit. Les brûleurs sont du type Körting.

Voilà deux ans que le système Meyer est employé sur des navires hollandais où il a parfaitement réussi. En Roumanie, on emploie sur quelques vapeurs des arrangements analogues.

L'auteur, après avoir exposé ci-dessus l'état actuel de cette question

très intéressante, exprime le désir que la continuation des recherches si bien commencées et l'application de principes théoriques bien établis amène un développement de plus en plus grand de l'emploi du combustible liquide dans la marine.

La communication de Sir Fortescue Flannery a été suivie d'une discussion très développée. Nous ne reproduirons ici que les observations les plus intéressantes exposées à ce sujet.

Le docteur Elgar n'est pas tout à fait d'accord avec les chiffres d'équivalence présentés par l'auteur pour la comparaison entre le pétrole et le charbon. Les armateurs américains sont d'avis qu'on ne doit pas compter moins de 750 *l* d'huile pour 1 *t* de charbon de 906 *kg*, ce qui donne 5 *t* d'huile pour 7,5 *t* de charbon et modifie notablement les résultats de la comparaison. Du reste, c'est une question que l'expérience résoudra rapidement.

L'amiral Sir E. Freemantle indique que les partisans de l'huile invoquent, comme sérieux avantage de l'emploi du combustible liquide, l'absence de fumée; ce n'est pas une conséquence absolue de cet emploi, car il cite un navire, le *Surly* qui était connu et redouté pour les torrents de fumée noire que dégageaient ses cheminées.

Le docteur Dvorkovitz considère que la question de l'emploi du pétrole est aujourd'hui uniquement une question de prix. La découverte des gisements du Texas permettra de livrer le pétrole à bord à 9,50 *f* la tonne. Ce prix correspondrait à celui de 40 *f* dans les divers points du Royaume-Uni. Le rapport de 3,2, donné par l'auteur de la communication, mettrait le prix du pétrole à 26,50 *f*.

M. J. Melrose trouve que le mémoire a surtout exposé les avantages du combustible liquide, sans insister sur les inconvénients. Ceux-ci sont très réels. La présence de l'eau donne lieu à de très sérieuses objections; d'abord elle est nuisible aux chaudières, ensuite elle éteint la flamme et il peut en résulter une explosion si les gaz accumulés se rallument brusquement. C'est une cause de danger très grave. Les autorités de l'Amirauté ont étudié la question avec beaucoup de soin : elles n'admettent pas l'avantage de 50 0/0 à poids égal invoqué par l'auteur, mais seulement un de 33 0/0. Il y a encore un point à rectifier au sujet de la comparaison des deux combustibles.

Avec le charbon, on peut encore brûler les escarbilles après triage des cendres et en obtenir un supplément d'effet utile, ce qui n'a pas lieu avec l'huile. On a parlé de supprimer les chauffeurs; dans les marines militaires, ce n'est pas possible, car on emploie les chauffeurs à tous les ouvrages. Un vapeur de commerce a à peu près toujours la même allure de marche; un navire de guerre change constamment de vitesse, c'est une grosse difficulté pour le réglage de l'alimentation des foyers avec l'huile.

Sir Fortescue Flannery, dans sa réplique, dit que les différences qu'on lui oppose au sujet de la comparaison entre le pétrole et le charbon doivent tenir, soit à la nature des huiles — il a parlé des huiles de Bornéo et non de celles du Texas qu'il ne connaît pas — soit aux mesures américaines qui diffèrent des mesures anglaises (gallons).

Il peut citer le fait suivant : il résulte d'une expérience de six années

que sur un même navire, pour la même puissance indiquée et la même vitesse, on a brûlé 25 *t* de charbon par vingt-quatre heures et plus tard 16 *t* de pétrole. Sur un navire plus grand, on a remplacé 43 *t* de charbon par 29,30 *t* de pétrole. Il admet volontiers que, dans les marines militaires, on aura à surmonter certaines difficultés spéciales, mais on y arrivera. Quant à l'objection faite par M. Melrose relativement à l'utilisation des escarbilles, il pense que l'avantage assez faible qui en résulte est compensé par la combustion plus complète de l'huile par rapport à celle du charbon.

Nous croyons utile de placer ici les renseignements suivants que nous trouvons dans un journal anglais sur les pétroles du Texas qui sont d'exploitation très récente.

La première expédition de pétrole des gisements de Beaumont dans le Texas, remonte seulement au 3 mars 1901 et, de cette date au 10 janvier 1902, les statistiques du chemin de fer indiquent qu'il a été expédié 10 301 wagons portant 1 633 202 barils d'huile. Deux ou trois grands navires ont aussi chargé du pétrole et on en a consommé un peu plus de 100 000 barils à Beaumont et dans les environs. On estime en outre qu'au commencement de janvier dernier il pouvait y en avoir 2 500 000 barils de logés dans des réservoirs à Beaumont et enfin, qu'il avait dû s'en perdre un million de barils avant que le débit des divers puits ait pu être capté et régularisé.

Au 1er janvier de cette année, il y avait 138 puits en exploitation, 200 *km* de conduites, 69 réservoirs métalliques achevés, 19 en construction et 32 réservoirs en bois de plus faible capacité, sans compter des voies de chargement pour 161 wagons. D'après un rapport du consul britannique à Galveston, l'exploitation serait, pour ainsi dire, seulement à ses débuts et le marché ne serait pas encore établi. On peut concevoir de grandes espérances sur l'avenir de ces gisements.

Les moteurs du chemin de fer souterrain de Londres. — Les journaux américains annoncent que les turbines à vapeur Westinghouse ont été adoptées comme moteurs des stations centrales du Métropolitain de Londres et que la commande vient d'en être donnée à la British Westinghouse Electric and Manufacturing Cy qui a entrepris une fourniture semblable pour le Metropolitan District, qui va également recevoir la traction électrique. Comme il y aura une similitude générale entre les deux installations, il sera facile de les relier ensemble au point de vue de la fourniture du courant, ce qui du reste est imposé par les actes de concession des deux lignes.

La station centrale de force du Metropolitain sera établie à Neasden et contiendra trois installations de 3 500 kilowatts chacune. La station de Chelsea du Metropolitan District contiendra quatre installations de 5 000 kilowatts chacune. Le courant triphasé engendré à la tension de 10 000 volts sera transformé dans des sous-stations en courant continu pour l'emploi dans les moteurs des voitures. La vapeur sera produite dans toutes les stations par des chaudières à tubes d'eau. La puissance totale atteindra 30 500 kilowatts. On espère que l'installation complète sera terminée dans dix-huit mois.

D'autre part, nous lisons, dans les journaux suisses, que la maison Sulzer frères, de Winterthur, vient d'achever une machine de dimensions colossales commandée pour la station centrale du Metropolitain électrique de Londres ; il s'agit d'un engin de 5 000 *ch* de force et nous trouvons dans l'*Industria* des détails complémentaires sur cette machine.

Elle est verticale, compound à trois cylindres avec la distribution spéciale due à ses constructeurs. La puissance normale est de 5 000 *ch* effectifs, mais la puissance maxima peut être portée à 7 000 *ch* ; elle actionne une dynamo de 3 500 kilowatts. La machine peut fonctionner avec ou sans condensation ; dans ce dernier cas, pour obtenir la puissance normale, on devra envoyer aux grands cylindres de la vapeur provenant directement de la chaudière.

Le moteur porte deux régulateurs dont l'un, de sûreté, détermine automatiquement l'arrêt dès que la vitesse réglementaire se trouve dépassée. Le graissage des cylindres se fait au moyen de pompes à huile. Celui des articulations et parties frottantes s'opère par circulation. L'huile qui tombe est recueillie dans un bassin pratiqué dans la plaque de fondation, et passe dans un filtre puis dans un réfrigérant ; des pompes la reprennent et l'élèvent dans un réservoir supérieur d'où part un réseau de petits tubes aboutissant aux parties à lubréfier.

La machine est alimentée de vapeur par 9 ou 10 chaudières de 200 m^2 de surface de chauffe chacune et fonctionnant à 11 *atm* effectives. La pression initiale au premier cylindre atteint 10 1/2 *kg*.

Voici, du reste, les dimensions principales de cette machine :

Diamètre du cylindre HP	1,275	*m*
— des cylindres BP	1,800	*m*
Course des pistons	1,300	*m*
Nombre de tours par minute.	75	
Vitesse correspondante par seconde.	3,25	
Diamètre des boutons de manivelles.	0,600	*m*
— de l'arbre aux portées	0,630	*m*
— — près de la dynamo	0,800	*m*
Longueur totale de l'arbre.	15,30	*m*
Poids total avec l'alternateur.	498.000	*kg*
Hauteur au-dessus du sol	10	*m*
Longueur totale avec l'alternateur	17	*m*
Largeur de la machine	7	*m*
— — près de l'alternateur. .	12	*m*

Il faudra pour le transport 40 wagons de chemin de fer.

Deux de ces énormes machines ont été commandées à la maison Sulzer par la Metropolitan Electric Supply Cy, de Londres.

Les ruptures de volants. — Nous trouvons, dans le *Bulletin scientifique* de l'Association des Élèves des Ecoles spéciales de l'Université de Liège, l'analyse suivante d'une conférence faite à l'Association, le 22 janvier dernier, par M. le professeur Dechamps, sur les ruptures de volants et la recherche de leurs causes.

Une rupture de volant est presque toujours un accident très grave,

même lorsqu'elle n'occasionne pas d'accidents de personnes, car les dégâts qu'elle cause sont généralement considérables et elle entraine nécessairement un chômage prolongé.

Quand une telle rupture s'est produite, une enquête s'impose pour deux raisons : d'abord, s'il y a eu mort d'homme ou blessure grave, parce qu'il faut ouvrir une information judiciaire et que la responsabilité tant civile que pénale de l'industriel est engagée ; ensuite, parce qu'il faut, en tout cas, se rendre compte des causes de l'accident, telles qu'un vice de construction, afin de ne plus commettre la même faute à l'avenir.

Il est nécessaire de se rendre compte des circonstances dans lesquelles se produisent habituellement les ruptures de volants.

Un volant peut se rompre en fonctionnant d'une manière *normale*, par suite d'un défaut de construction ou de fabrication. On en a vu se briser dès les premiers tours de la machine, sans doute à cause de vices de fonderie ; d'autres pèchent par les assemblages ; le défaut n'est pas toujours assez grave pour se révéler dès le début, le volant peut fonctionner d'abord régulièrement et ne céder qu'à la longue, par suite de la fatigue spéciale due aux efforts répétés.

L'accident, au lieu de résulter d'un défaut de conformation de la pièce, peut être causé par des conditions *exceptionnelles* de fonctionnement, s'éloignant beaucoup de celles en vue desquelles le volant a été calculé et construit. Ou bien la machine s'emballe et la force centrifuge finit par atteindre une intensité suffisante pour faire éclater la jante ; ou bien la machine rencontre une résistance excessive qui l'arrête pendant un temps très court ; la force vive que la jante possède alors doit être amortie par le travail de flexion des bras et cela aussi peut élever la tension du métal jusqu'à la charge de rupture.

Les principales causes de nature à produire *l'emballement* d'un moteur à vapeur sont : la suppression brusque de la résistance (par suite de la rupture de la courroie, par exemple) ; un dérangement au régulateur empêchant son action modératrice ; un dérangement à la distribution (tel que le calage d'une soupape d'admission).

Le cas *d'arrêt brusque* par suite d'une résistance excessive se rencontre surtout dans les laminoirs au moment où l'on veut passer le lingot, si celui-ci est trop froid ou si le serrage des cylindres est exagéré et, dans les installations électriques, en cas de court circuit.

Pour procéder à une enquête, on commence par dresser un plan complet de l'usine où l'accident a eu lieu et de ses abords; on cherche ensuite à retrouver les fragments épars du volant et on en repère la place sur le sol ; cette besogne n'est pas toujours aisée ; on a vu des débris se projeter à 200 *m* de distance ou s'enfoncer à 3,50 *m* dans le sol! Les différents morceaux de l'organe rompu étant rassemblés, on reconstitue celui-ci sur une aire plane après avoir examiné avec soin l'aspect des cassures.

Il arrive que l'arbre du volant ait roulé hors de ses paliers en arrachant les boulons des chapeaux ; le levé topographique doit renseigner exactement sur les dérangements de l'arbre, car on peut presque toujours en tirer des conclusions importantes.

Ces constatations faites, il s'agit de les interpréter de façon à pouvoir reconstituer les circonstances principales de l'accident. C'est évidemment la partie délicate et difficile du travail. Il faut d'abord rechercher s'il est possible d'attribuer la rupture à un calage de la machine contre une résistance exagérée ; c'est là, avons-nous vu, un accident propre surtout aux machines de laminoir ; l'hypothèse sera naturellement écartée si le volant a éclaté entre deux passes, alors que la machine marchait à vide ; elle se changera, au contraire, en certitude, si l'on constate (comme on l'a fait déjà) que tous les bras se sont rompus à l'encastrement, la jante tombant intacte dans la fosse.

Plutôt que de rester dans les généralités, M. Dechamps rend compte ensuite d'une enquête qu'il a eu occasion de faire autrefois, et qui a donné des résultats d'une précision réellement remarquable ; grâce à certaines traces laissées par le passage des débris, il a pu, par une suite de déductions et en s'aidant des formules de la balistique, déterminer l'ordre des dislocations, la vitesse au moment de l'accident et la cause de celui-ci, consistant dans la faiblesse d'un assemblage. Il nous est impossible, en l'absence de figures, de reproduire ce raisonnement, qui est assez serré, et s'accommoderait mal d'un résumé.

Cette enquête a, d'ailleurs, été publiée par M. Dechamps, dans la *Revue universelle des Mines* (3e série, tome XXII, juin 1893).

Coût, longueur et recettes de quelques chemins de fer. — Le *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure* extrait de divers journaux techniques allemands les renseignements suivants :

Dépenses totales d'établissement par kilomètre (1).

Moyenne des chemins secondaires allemands.	1 voie.	Fr.	106 250
Chemin de fer aérien de Berlin	2 —	. .	3 625 500
Moyenne des tramways allemands	1 —	. .	212 500

Dépense de l'infrastructure par kilomètre.

Métropolitain de Berlin	4 voies.	Fr.	7 500 000
Chemin de fer aérien de Berlin	2 —	. .	1 500 000
— souterrain —	2 —	. .	5 000 000
— aérien d'Elberfeld	2 —	. .	1 250 000
Métropolitain de Paris	2 —	. .	4 375 000
Souterrain de Londres	2 —	.	9 375 000
Moyenne des tramways allemands	1 —	.	62 500 à 125 000

Longueur en kilomètres.

Chemins de fer allemands	52 000
— aérien et souterrain de Berlin	13
— aérien d'Elberfeld	12
— Métropolitain de Paris	16

(1) Nous avons cru devoir rapporter au kilomètre, comme on le fait habituellement, les dépenses d'établissement que le journal allemand avait eu l'idée, assurément originale, de rapporter au *millimètre*.

Chemin de fer central de Londres	11
— aérien de New-York agrandi	60
Tramways allemands	3 000

Voyageurs transportés l'année dernière.

Ensemble des chemins de fer prussiens.	582 millions.
Chemin de fer Métropolitain de Berlin	60 —
— — de Paris.	43 —
— central de Londres.	43 —
— aérien de New-York (Wan Lattan) . .	194 —
Tramways allemands	1 000 —
Tramways prussiens	640 —
Grands tramways de Berlin	283 —
— de Hambourg	95 —
Tramways de New-York agrandi, y compris le chemin de fer aérien (872 + 253)	1 125 —
Compagnie générale des Omnibus de Paris, y compris ses lignes de tramways urbains	247 —

Recettes en millions de francs.

Lignes principales allemandes (voyageurs).	468 millions.
Chemin de fer Métropolitain de Paris	7,5 —
— central de Londres.	9,12 —
— aérien de New-York	55 —
Tramways allemands	135 —
— prussiens	85 —
Grands tramways de Berlin	33,75 —
Tramways de Hambourg	12,9 —

Nombre de voyageurs par kilomètre.

Chemin de fer Métropolitain de Berlin, d'abord . . .	2,9 millions.
— — — aujourd'hui .	3,9 —
— Métropolitain de Paris.	4,13 —
— central de Londres	4,07 —
— aérien de New-York, d'abord.	2,14 —
— — — aujourd'hui. . .	3,56 —

Distribution de gaz sous des pressions élevées. — Lorsqu'on veut se servir de gaz produit par des gazogènes pour des applications diverses, telles que chauffage, éclairage ou force motrice, une des plus sérieuses difficultés qu'on rencontre, c'est le prix élevé des canalisations amené par la faible valeur des pressions sous lesquelles le gaz doit être distribué. Le gaz des gazogènes n'a guère que la moitié du pouvoir calorifique du gaz de houille à volume égal, et, sous des pressions égales, il exige des conduites de section doubles. Une notable élévation de la pression permettrait de réduire dans de fortes proportions la dépense de la canalisation.

Des essais faits récemment en Amérique indiquent que le gaz peut être envoyé sans difficultés à de grandes distances, sous des pressions de

30 livres par pouce carré au-dessus de la pression atmosphérique, soit 2,8 *kg* effectifs par centimètre carré, pression à laquelle le gaz est réduit au tiers à peu près du volume qu'il a aux pressions de 50 à 75 *mm* d'eau en usage ordinairement.

C'est dans les environs de Philadelphie qu'on a d'abord essayé de distribuer le gaz d'éclairage sous des pressions élevées, il y a deux ou trois ans, et les résultats obtenus ont été si encourageants, qu'on a fait une autre application sur une plus grande échelle. Il s'agissait de desservir la ville de Waukegan, dans l'Illinois, et cinq autres petites villes ou villages répartis sur une distance de 25 *km*, le tout représentant une population de 17 000 habitants environ.

L'usine a été installée à Waukegan, et le gaz est distribué par une conduite principale de 22,5 *km* de longueur, sur 10 *cm* de diamètre. Dans la plupart des localités, les consommateurs prennent le gaz directement sur la conduite; il y a, à côté des compteurs, des réducteurs de pression. Voilà deux ans que l'installation fonctionne et donne toute satisfaction.

Pour l'éclairage, on brûle le gaz sous une pression de 50 à 75 *mm* d'eau, mais pour le chauffage une pression de 100 *mm* est préférable. Cette dernière pression est employée pour les becs à incandescence du système Auer; on obtient une plus belle lumière des manchons.

Il n'y a de réservoirs à aucun point de la conduite et le débit de celle-ci est néanmoins si considérable que les compresseurs n'ont pas besoin de fonctionner plus de dix à quatorze heures par jour. On les met en marche à 7 heures du matin et ils fonctionnent jusqu'à midi, puis de 4 à 5 heures du soir jusqu'à minuit et on les arrête jusqu'au lendemain. La chute de pression entre minuit et 5 heures du matin ne dépasse pas 0,30 à 0,35 *kg* par centimètre carré.

L'installation n'a pas encore fonctionné avec son maximum de débit, mais elle a donné jusqu'à 14 000 m^3 par vingt-quatre heures, la perte de charge maxima entre l'usine à gaz et l'extrémité de la conduite à 22 *km* de distance n'a été trouvée que de 0,20 *kg* par centimètre carré. On peut admettre que le débit atteindrait facilement le double du chiffre qui vient d'être indiqué. Nous trouvons les renseignements précédents dans l'*Engineering*.

Bryan Donkin. — Le 3 mars dernier, est mort subitement à Bruxelles, où il s'était rendu pour assister à des essais de machines, un ingénieur anglais d'une grande notoriété, M. Bryan Donkin. Le défunt était très connu en France, où, comme nous le verrons plus loin, il avait fait une partie de ses études et où il comptait de nombreux amis. Il appartenait à une famille où on était ingénieur de père en fils. En effet, son père, John Bryan Donkin, s'était distingué dans la profession, et son grand-père qui avait réalisé des perfectionnements importants dans la fabrication mécanique du papier et fonda en 1803 les ateliers de construction de Bermondsey, encore aujourd'hui appartenant à ses petits-enfants, était une des autorités de l'époque dans les questions de machines à vapeur, car on retrouve son nom dans l'enquête faite en 1817 sur l'explosion de la chaudière d'un bateau à vapeur, survenue à

Yarmouth, enquête, par parenthèse, encore intéressante à consulter aujourd'hui.

Le Bryan Donkin dont nous nous occupons ici était né en 1835 ; il avait fait ses études à l'University College, à Londres, et passé deux ans à Paris à l'Ecole Centrale de 1854 à 1856 ; nous tenons à rappeler ce fait, on verra plus loin pourquoi.

Une fois ses études achevées, il entra aux ateliers de Bermondsey, d'où il alla en Russie pour faire l'installation de grandes usines pour la fabrication du papier et notamment, le papier à billet de banque. Il y passa plusieurs années. En 1868, il devint associé de la maison Donkin, puis président, lors de la transformation en Société à responsabilité limitée.

En dehors de la question des affaires, Bryan Donkin s'occupait avec beaucoup d'ardeur de recherches scientifiques et surtout de l'étude du fonctionnement des machines à vapeur et des sujets qui s'y rattachent.

Il fit personnellement de nombreuses expériences sur la production de la vapeur, l'action des parois des cylindres, la surchauffe, etc. Il imagina notamment un appareil qu'il avait appelé *revealer*, destiné à mettre en évidence l'effet alternatif de condensation de la vapeur et d'évaporation de l'eau condensée sur les parois. Il nous paraît probable qu'il avait emprunté le principe de cet appareil au cours de machines à vapeur de l'Ecole Centrale où le professeur L. Thomas expliquait *de visu* l'action des parois sur le cylindre en verre d'une petite machine à vapeur construite par Bourdon et que beaucoup de nos collègues se rappelleront avoir vue à l'ancienne Ecole.

Les recherches de Bryan Donkin sont très intéressantes ; on lui doit notamment la démonstration de l'annulation presque complète de la condensation initiale par le chauffage intensif des parois du cylindre, qu'il opérait à l'aide de becs de gaz. C'était, il est juste de le dire, la répétition scientifique d'une vieille pratique des Cornouailles où, au commencement du siècle, on établissait, autour des cylindres des grandes machines, des foyers en briques chauffés au charbon. R. Trevithick avait coutume de dire qu'un boisseau de charbon brûlé ainsi autour des cylindres faisait l'effet de six boisseaux brûlés sous la chaudière.

Bryan Donkin a beaucoup écrit, il a publié plusieurs ouvrages de valeur, notamment sur les chaudières et les moteurs à gaz, sans compter une énorme quantité de mémoires répandus dans les publications de diverses Sociétés savantes. Il était vice-président de l'Institution of Mechanical Engineers, plusieurs fois lauréat de l'Institution of Civil Engineers, membre de la Royal Institution et de plusieurs Sociétés d'ingénieurs anglaises et étrangères. Nous pouvons ajouter que, dans ces derniers temps, la question de l'automobilisme avait vivement attiré son attention et qu'il en avait donné une preuve très catégorique en introduisant dans ses ateliers la fabrication de moteurs destinés à cette application.

Granit artificiel. — On emploie depuis deux ans, sur une assez longue échelle, surtout aux Etats-Unis, une nouvelle matière isolante, qui possède des propriétés remarquables.

Comme son nom l'indique, elle consiste en fragments de granit naturel réduit en poudre moulés sous une très forte pression, puis soumis à une température de 1 500° C, ce qui en fait une masse homogène très résistante ayant les propriétés suivantes :

1° Une résistance à l'écrasement, allant suivant la force des pièces et la finesse du grain, de 700 à 1 000 *kg* par centimètre carré. La résistance à la traction est de 60 à 70 *kg* par centimètre carré ;

2° La résistance aux changements de température est caractéristique; la matière peut être chauffée au rouge et plongée dans l'eau froide sans éprouver aucun effet fâcheux. Elle est absolument réfractaire jusqu'à des température de 1 400 à 1 500° C. Elle peut être impunément immergée dans de l'air liquide à — 160° C, sans que sa résistance ou sa consistance aient été altérées;

3° Elle résiste à tous les acides ou alcalis chauds ou froids, à l'exception de l'acide fluorhydrique, qui ne l'attaque toutefois que superficiellement. Des vases faits avec cette matière peuvent être mis en contact avec les acides sulfurique, nitrique, chlorhydrique, etc., bouillants, et avec le chlore ou autres gaz sans être nullement altérés;

4° Sa résistance très élevée au passage des courants électriques, jointe aux propriétés précédentes, en fait une matière isolante très précieuse pour des pièces soumises à de hautes tensions, exposé aux intempéries de l'air ou à des chocs, etc., par exemple pour des supports de troisième rail, des contacts superficiels pour tramways, des isolateurs pour conducteurs aériens, etc. Ce genre de pièces est fabriqué aujourd'hui d'une manière courante et un grand nombre sont en usage. Le prix n'en est pas élevé.

On trouvera dans l'*Engineering Magazine*, février 1902, le dessin d'une forme de support de troisième rail, très ingénieuse, dont la partie isolante est en granit artificiel.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Avril 1902.

Rapport de M. Tetard sur un ouvrage de M. Helot intitulé : **Le sucre de betteraves en France de 1880 à 1900.**

Développement des associations d'Ingénieurs en Angleterre et en Allemagne, par M. Alby, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Il s'agit d'une étude sur les grandes Sociétés d'ingénieurs anglaises et allemandes donnant, avec plus de développement, les renseignements que nous avons présentés dans divers articles de nos chroniques sur le même sujet.

L'auteur conclut que « nos associations d'ingénieurs groupent des sociétaires bien moins nombreux et aucun organe de notre presse technique n'a un tirage comparable aux chiffres des membres des puissantes associations anglaises ou allemandes ». Cette conclusion ne nous paraît point conforme à la réalité des faits. Nous reconnaissons parfaitement que la Société des Ingénieurs Civils de France, qui avait, à la fin de 1900, un effectif de 3 638 membres, ne saurait lutter, à ce point de vue, avec les 7 350 membres de l'*Institution of Civil Engineers*, mais elle soutient très bien la comparaison avec toutes les autres grandes Sociétés anglaises qui comptaient à la même époque : *Mechanical Engineers*, 2 964; Electrical Engineers, 3 661 ; *Iron and Steel Institute*, 1 900 ; *Naval Architects,* 1 490 ; *Society of Chemical Industry*, 3 500 ; *Institution of Mining Engineers*, 2 500, etc. Quant aux Sociétés allemandes, la comparaison n'aurait aucune portée, car ce sont presque toutes des fédérations de Sociétés souvent très nombreuses qui n'ont ni la même organisation, ni le même caractère que la nôtre. Ce qui résulte, en revanche, des quelques renseignements donnés sur les Sociétés françaises dans la Note qui nous occupe, c'est la situation prédominante que possède notre Société, puisque celle qui vient après comme effectif, la Société internationale des Électriciens, ne comptait que 1 065 membres en 1900 et la Société de l'industrie minérale que 1 083.

Essais du cuir dans ses applications industrielles, par M. Boulanger, industriel à Lille.

L'auteur s'est livré à une série d'essais sur la résistance des cuirs, il a mesuré la résistance et l'allongement du cuir lui-même, puis des jonctions et épissures comprises dans le corps d'une courroie, sur des échan-

tillons de divers cuirs tannés ou chromés. Les résultats des essais sont donnés dans des tableaux numériques et représentés sur des graphiques. Il n'est donné, dans le présent numéro, que la première partie du travail de M. Boulanger.

Emplois des explosifs. Note de M. Ramu.

Beaucoup d'accidents de mines résultent de faux-ratés et du rechargement maladroit des fentes rechargées à la poudre noire. L'auteur a cru utile de donner ici une série d'indications destinées à prévenir, dans la mesure du possible, les accidents de ce genre. Il recommande, avant tout, de ne pas laisser employer les explosifs par n'importe quel ouvrier et d'en réserver l'usage aux chefs de chantier, plus instruits et plus au courant de ces manœuvres toujours plus ou moins délicates.

Notes de mécanique. — Nous trouvons dans ces Notes : l'emploi du pétrole à la mer, que nous donnons dans les Chroniques d'avril et mai, l'indicateur multiple Oliver, l'enfourneur électrique Taragonet pour le chargement des fours Siemens, et la grue à lingots Taylor.

ANNALES DES MINES

12me livraison de 1901.

Note sur **l'explosion d'un dépôt souterrain de dynamite,** à la fosse Fénelon de la Compagnie des mines d'Aniche (Nord).

Un dépôt souterrain de dynamite a fait explosion le 28 novembre 1900 à la fosse Fénelon, des mines d'Aniche. Vingt et un ouvriers sont morts, dont dix-sept tués sur le coup, et il y a, en outre, dix-huit blessés. Par contre, les dégâts matériels ont été insignifiants. L'étude des circonstances dans lesquelles l'accident s'est produit peut donner naissance à des enseignements utiles. On semble autorisé à admettre que c'est pendant une manipulation de la dynamite qu'une maladresse, une imprudence ou un accident tout à fait ordinaire, probablement l'emploi d'une lampe à feu nu, a amené l'explosion.

Le magasin contenait 248 *kg* d'explosifs et il paraît utile de réduire cette quantité, à l'avenir.

Quant à la question de déterminer si la plupart des morts n'ont pas succombé à l'asphyxie amenée par la respiration du gaz de l'explosion, on ne peut guère se prononcer à ce sujet; mais cela semble peu probable en présence d'une ventilation suffisante, amenant rapidement l'évacuation des gaz, le magasin étant situé directement sur la bowette ou travers-banc de la fosse.

Bulletin des **accidents d'appareils à vapeur survenus pendant l'année 1900.**

Il s'est produit pendant l'année 1900, en tout, 31 accidents ayant causé la mort de 15 personnes et des blessures à 31. Si on examine ces

accidents par espèce d'appareils, on trouve 19 avec 11 morts et 27 blessés par les chaudières chauffées, en tout ou en partie, à l'extérieur, et 7 accidents avec 2 morts et 4 blessés par des chaudières non chauffées à l'extérieur.

La différence considérable entre les chiffres relatifs aux deux classes de générateurs est due aux chaudières à tubes d'eau qui figurent pour 14 accidents, avec 7 morts et 12 blessés. Les accidents arrivés à des récipients sont au nombre de 5 et ont tué 2 personnes.

Au point de vue des causes présumées des accidents, on en trouve 5 amenés par des conditions défectueuses d'établissement, 14 par des conditions défectueuses d'entretien, 13 par un mauvais emploi des appareils, et 4 par des causes non précisées. Le chiffre total de 36, supérieur à celui des accidents, tient à ce que, dans 5 cas, l'accident a été porté comme dû à deux ordres de causes.

1re livraision de 1902.

Recherches expérimentales sur l'écoulement de la vapeur d'eau par des tuyères convergentes et des orifices en mince paroi, par M. A. Rateau, Ingénieur des Mines.

L'étude des turbines à vapeur a amené l'auteur à faire des recherches sur l'écoulement des vapeurs. Pour avoir le débit de la vapeur, il faut d'abord connaître la vitesse; mais le calcul de cette vitesse d'écoulement suppose la connaissance : 1° des températures qui correspondent aux pressions en amont et en aval de l'orifice ; 2° des chaleurs de vaporisation du liquide ; 3° de la chaleur spécifique du liquide. Ces renseignements sont donnés, pour l'eau, par les tables de Regnault, avec une approximation plus que suffisante pour la pratique. Une fois la vitesse connue, il faut évaluer le poids spécifique de la vapeur dans la section de la tuyère considérée et, enfin, tenir compte de la quantité de liquide qui s'est formée pendant la détente adiabatique et qui est entraînée dans la vapeur en faisant, avec elle, un mélange qu'on peut admettre être homogène.

L'auteur arrive à une formule empirique très simple pour la formule pratique du débit; cette formule a la forme de celle de Grashof et n'en diffère que par les constantes : c'est $I = 15.20\ P^{0,975}$.

Les expériences de l'auteur l'ont même amené à modifier le coefficient 15.20 et à le remplacer par la valeur 15.26, adoptée par Grashof. P est la pression initiale.

Pour ces expériences, M. Rateau a employé un générateur des usines Bietrix, à Saint-Étienne, donnant, à la pression de 15 *kg*, plus de 1 000 *kg* de vapeur à l'heure. Il a essayé trois tuyères convergentes et à orifice en mince paroi.

Le principe de la méthode suivie consiste à condenser la vapeur qui s'écoule par les tuyères ou orifices dans un courant d'eau très froid et à mesurer simultanément le débit total du courant et l'élévation de température de l'eau.

Le débit total du courant d'eau, après condensation de la vapeur, est

évalué par l'écoulement de ce courant à travers une tuyère conique, sous une hauteur de charge mesurée avec soin.

Connaissant le débit total Q et l'élévation de température θ, on en déduit le débit X de vapeur en poids, d'après la chaleur spécifique C et la chaleur totale de formation λ de la vapeur d'eau. Cette méthode permet de faire un essai en deux ou trois minutes et l'erreur ne dépasse pas 1/2 0/0. On doit s'arranger pour réduire au minimum la proportion d'eau entraînée avec la vapeur, qui est une cause d'erreur et il faut tenir compte du rayonnement des appareils.

Les résultats des expériences et des calculs sont résumés dans des tableaux donnant les débits par seconde rapportés à des rapports des pressions d'amont et d'aval, pour les divers orifices et tuyères expérimentés.

Note sur **l'écoulement de l'eau chaude par les tuyaux,** par M. A. Rateau, Ingénieur des Mines.

L'auteur rappelle les expériences faites en 1892 par MM. Sauvage et Pulin, sur l'écoulement de l'eau chaude par une tuyère convergente. La théorie qu'il a exposée au sujet de l'écoulement de la vapeur lui paraît s'étendre sans difficulté au problème un peu plus complexe de l'écoulement de l'eau chaude. Une circonstance spéciale à ce cas est que de l'eau se vaporise dès que la pression et la température s'abaissent. Alors, la quantité vaporisée, d'une part, et la vitesse d'écoulement du mélange d'eau et de vapeur formée, d'autre part, sont l'une et l'autre sensiblement proportionnelles à l'abaissement de température.

Si on étudie les courbes des sections d'écoulement des tuyères pour un débit constant sous diverses chutes de température, on trouve une forme singulière dans ces courbes, forme qui doit correspondre à une discontinuité dans l'écoulement quand il a lieu dans une tuyère convergente, phénomène coïncidant dans une certaine mesure avec les débits irréguliers constatés par MM. Sauvage et Pulin. Ce phénomène remarquable d'une variation brusque dans la vaporisation et dans la vitesse aurait besoin, d'après l'auteur, d'être soumis à un examen approfondi. Il peut sembler, *à priori*, incompatible avec les lois de l'inertie des corps matériels; mais, en y réfléchissant, on peut voir que des discontinuités ne sont pas impossibles quand il s'agit de corps fluides pouvant être décomposés en réalité, et non pas seulement par la pensée, en masses élémentaires infiniment petites.

Revue de la construction des machines en 1900, par M. Ed. Sauvage, Ingénieur en chef des Mines, professeur à l'École nationale supérieure des mines.

Il s'agit d'une addition aux chapitres précédents, addition portant sur divers points concernant les détails de construction des machines à vapeur, la condensation, la production de la vapeur, etc.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE.

AVRIL 1902.

DISTRICT DE SAINT-ÉTIENNE.

Réunion du 5 avril 1902.

Communication de M. LAPIERRE, sur **les installations électriques des Mines de Monthieux.**

Les mines de Monthieux, exploitées par la Société Stéphanoise de la Mine aux Mineurs, présentent des difficultés spéciales par la présence de grandes quantités d'eau provenant de venues constantes ou périodiques ou de celle accumulée depuis de longues années dans les vieux travaux. Les pompes à bras étant insuffisantes, il fallut faire une installation mécanique pour laquelle on eut recours à l'emploi de l'électricité.

Cette installation comprend une station génératrice placée à la surface avec une machine à vapeur donnant de 8 à 25 *ch* suivant l'admission; cette machine actionne un alternateur à courant triphasé, lequel courant est transporté au fond par un câble armé, composé de trois conducteurs de 15 mm^2 de section chacun et deux fils pour sonnerie. Le courant actionne un treuil à frein transportable et une pompe centrifuge Farcot également transportable. L'installation coûte 25 000 *f* en nombre rond.

Communication de M. BOUCHUT sur **les fonçages et redressements de puits.**

L'auteur donne d'abord quelques indications sur les meilleures règles à suivre pour le fonçage des puits qu'il est bon de murailler complètement, même dans les terrains les plus durs ; ce muraillement doit avoir toujours une bonne épaisseur, 0,60 *m* au moins, dont 0,30 *m* de briques et derrière du béton de scories et de chaux hydraulique fortement pilonné. Le fonçage se fait au moyen de cadres en décagone régulier en bois, formé de dix pièces assemblées à mi-bois.

Ces cadres sont très utiles pour les redressements de puits qui sont fréquents dans les exploitations. L'auteur donne des exemples de ces opérations : ainsi le redressement du puits Saint-Dominique dont les axes au fond et au jour étaient arrivés à être distants de près de 1 *m*. Le redressement sur 335,30 *m* de hauteur a été fait en 353 jours de travail, soit en moyenne 0,95 *m* par jour.

Communication de M. HARMET sur **l'électro-métallurgie du fer.**

C'est la seconde partie de cette étude, dont nous avons parlé dans les Comptes rendus d'avril, page 669.

L'auteur expose des considérations générales sur la réduction des oxydes solides par les gaz carburés, la nature des gaz sortant libres au

gueulard du réducteur, les lits de fusion et les types de marche en dressant le bilan thermique de chaque type et en faisant le calcul de l'énergie électrique nécessaire par tonne d'acier, ce qui permet d'arriver au prix de revient comparé. L'étude se termine par la réfutation de quelques objections qui ont été faites aux méthodes exposées.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS.

N° 18. — *3 mai 1902.*

Exposition de l'industrie et des beaux-arts à Dusseldorf en 1902, par O. Leitholf.

Exposition de Dusseldorf. — Les machines à vapeur, par H. Dubbel.

Exposition de Dusseldorf. — Les constructions les plus remarquables, par O. Letholf.

Exposition de Dusseldorf. — Les chaudières à vapeur, par H. Dubbel.

Engrenages hélicoïdes, par G. Lindner.

Aperçu sur la répartition de la chaleur dans les moteurs à gaz, par A. Stans.

Groupe de Hambourg. — La construction du tunnel du Simplon.

Groupe de Cologne. — Métal dit « Reformguss » de Leffer-Bosshardt.

Bibliographie. — Les ponts de la ville de Berlin.

Revue. — Tours et machines à percer, de William Sellers et Cie. — Wagon pour balayer la neige, et répandre du sel sur le sol. — Mélangeurs pour fonte en fusion.

N° 19. — *10 mai 1902.*

Expériences sur des soupapes annulaires de grande dimension pour pompes, commandées ou automatiques avec ressort de pression, par R. Schröder.

Exposition universelle de 1900. — Les locomotives, par E. Brükmann *(suite).*

Le jet de sable, par G. Schulz.

Nouvelles machines à raboter et à mortaiser, de la fabrique berlinoise de machines-outils, précédemment L. Sentker, par P. Janzon *(fin).*

Calcul du contreventement des ponts, par E. Häseler.

Groupe du Rhin inférieur. — La fabrique de machines L. Soest et Cie.

Groupe de Poméranie. — L'art dans la construction des machines.

Groupe de Siegen. — La monnaie de l'Etat au Transvaal.

Groupe de Thuringe. — Concours pour l'emploi comme combustible de lignites indigènes.

Groupe de Westphalie. — Chauffage des chaudières à vapeur avec le combustible liquide.

Bibliographie. — L'achèvement du canal de Panama, par C. Sonderegger.

Revue. — Moteur auxiliaire clos à vitesse variable. — Explosion d'un réservoir d'hydrogène comprimé. — Machines à percer de la fabrique de machines de Berlin-Anhalt. — Longueur, coût et recettes de divers chemins de fer.

N° 20. — *17 mai 1902.*

Machines d'extraction à commande électrique, par C. Köttgen.

Le jet de sable, par E. Schulz *(fin).*

Exposition de Dusseldorf. — Les chaudières à vapeur, par E. Dubbel *(fin).*

Répartition des efforts dans les machines à vapeur verticales fixes, par G. Schwartz.

Question de la chaleur contenue dans la vapeur surchauffée, par C. Bach.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Transformation des courants électriques.

Groupe du Rhin inférieur. — Expériences sur une transmission de mouvement du système Grisson.

Revue. — Signaux pour tramways. — Fabrique de machines de Fries et Cie. — Projet de création d'une école technique supérieure à Breslau.

N° 21. — *24 mai 1902.*

Ordre du jour et programme des fêtes de la 13me assemblée générale de la Société des Ingénieurs allemands à Dusseldorf en 1902.

Exposition de Dusseldorf. — Les appareils de levage, par A. Ernst.

Le nouveau viaduc de Kinzua, par F. Müller von der Werra.

Machine d'extraction à commande électrique, par C. Köttgen *(fin).*

Exposition de Dusseldorf. — Les machines à vapeur, par H. Dubbel *(suite).*

Groupe de la Rhur. — Machines d'extraction à commande électrique.

Revue. — Organisation des bureaux de dessin dans les usines. — Soupapes à fontionnement automatique pour pompes à commande électrique. — Fondation en faveur des jeunes étudiants en mécanique wurtembergeois.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. MALLET.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS.. — 10558-5-02. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

JUIN 1902

N° 6.

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de juin 1902, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

AUDEBERT (L.). — *La mévente des vins. Ses causes et ses remèdes*, par Léon Audebert. Mémoire couronné au concours agronomique de la Société des Agriculteurs de France en 1902. Section de viticulture (in-8°, 250 × 165 de 128 p.). Paris, Hôtel de la Société, 1902. 41929

PHILBERT (J.). ROUX (O.). — *Génie rural. Constructions rurales et machines agricoles*, par J. Philbert. Suivi de l'*Art du géomètre rural*, par O. Roux. (Bibliothèque du Conducteur des Travaux publics) (in-16, 185 × 125 de VIII-422 p. avec 331 fig.). Paris, V^e Ch. Dunod, 1902 (Don de l'éditeur). 41941

Arts militaires.

CASALI (I.). — *Determinazione sperimentale del Campo di tiro per la nuove armi portabili*, per I. Casali (in-8°, 225 × 155 de 125 p. avec 13 pl.). Roma, Enrico Voghera, 1902 (Don de la Revista d'Artiglieria e Genio). 41955

Astronomie et Météorologie.

Publications of the Earthquake Investigation Committee in foreign Languages. Nº 8. (in-8°, 255 × 180 de 94 p. avec pl.). Tokio, 1902. 41938

Chemins de fer et Tramways.

Brunner (A.). — *Technische Ausdrücke in Locomotivenbau* (Deutsch-English-Französich-Italienish) Gesammelt von A. Brunner (une brochure autographiée 325 × 210 de 92 p.). München, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 41932

Chemins de fer du monde. Situation au 31 décembre 1900. (Journal Officiel du 25 mai 1902) (Ministère des Travaux publics. Direction des chemins de fer) (in-4°, 315 × 245 de 8 p.). Paris, Imprimerie des Journaux Officiels. 41933

Compagnie des chemins de fer du Nord. Assemblée générale du 29 avril 1902. Rapport présenté par le Conseil d'Administration. Résolutions de l'Assemblée générale. (in-4°, 270 × 220 de 111 p.). Lille, L. Danel, 1902. 41904

Flamache (A.). — *L'évolution prochaine des chemins de fer à grande vitesse.* Conférence donnée devant la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels, par A. Flamache (in-8°, 235 × 155 de 19 p.). Bruxelles, Imprimerie nouvelle. 1902. 41935

Paula Pessôa (V.-A. de). — *Guia da Estrada da ferro central do Brazil,* pelo Engenheiro civil V.-A. de Paula Pessôa (2 vol. in-8°, 240 × 160 de xvi-568 et de xiii-245 p. avec pl.). Rio de Janeiro, Imprensa nacional, 1902 (Don de l'auteur). 41919 et 41920

Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1900. Documents principaux. (Ministère des Travaux publics. Direction des chemins de fer) (in-4°, 310 × 235 de vi-535 p. avec 2 pl.), Paris, Imprimerie nationale, 1901. 41923

Union internationale permanente de tramways. Douzième Assemblée générale. Londres, 1, 2, 3 et 4 juillet 1902. Réponses au Questionnaire (in-4°, 325 × 210 de 203-xxxiii p.). Bruxelles, Imprimerie Tr. Rein. 41906

Construction des machines.

Association alsacienne des Propriétaires d'appareils à vapeur. Section française. Exercice 1901. Trente-quatrième année. (in-8°, 280 × 190 de 66 p. avec 4 pl.). Nancy, Berger-Levrault, 1902. 41956

Baudry de Saunier (L.). — *Les recettes du chauffeur.* Recueil de notions, procédés et recettes utiles à un conducteur de véhicule à pétrole. Indication des pannes principales et des remèdes à leur apporter. Ouvrage renfermant de nombreuses figures. Troisième mille (in-8°, 190 × 185 de 426 p.). Paris, Vᵉ Ch. Dunod, (Don de l'éditeur). 41915

BUCHETTI (J.). — *Guide pour l'essai des moteurs à vapeur, à explosion, etc.*, par J. Buchetti (in-8°, 220 × 135 de XVI-244 p. avec 179 fig.). 3e édition refondue. Paris, Ch. Béranger (Don de l'auteur). 41958

Compte rendu des séances du 25e Congrès des Ingénieurs en chef des Associations de Propriétaires d'appareils à vapeur tenu à Paris en 1901 (in-8°, 250 × 165 de 196 p. avec 6 pl.). Paris, E. Capiomont et Cie. 41945

FICHOT (E.). et VANSSAY (P. de). — *Congrès international de chronométrie. Comptes rendus des travaux. Procès-verbaux et Mémoires* publiés sous les auspices du Bureau du Congrès, par MM. E. Fichot et P. de Vanssay (Exposition universelle de 1900) (in-4°, 280 × 225 de XL-254 p. avec fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1902 (Don de l'éditeur). 41954

RAZOUS (P.). — *Les scieries et les machines à bois*, par Paul Razous (in-8°, 255 × 165 de XXXI-444 p. avec 332 fig.). Paris, Ve Ch. Dunod, 1902 (Don de l'éditeur). 41909

SCHMIDT (E.). — *Compte rendu du Congrès international de surveillance et de sécurité en matière d'appareils à vapeur tenu à Paris en 1900.* Lecture faite à l'assemblée générale de la Société industrielle d'Amiens, le 30 janvier 1902, par E. Schmidt. (Extrait du Bulletin de Janvier-Février de la Société industrielle d'Amiens) (Association des Propriétaires d'appareils à vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise) (in-8°, 275 × 175 de 32 p.). Amiens, T. Jeunet, 1902 (Don de l'auteur M. de la S.). 41918

WITZ (A.). — *La Machine à vapeur*, par Aimé Witz. (Encyclopédie industrielle) (in-16, 180 × 115 de 396 p. avec 117 fig.). Paris, J. Baillière et fils, 1902, (2e édition) (Don des éditeurs). 41930

Économie politique et sociale.

Chambre de commerce française de Portugal. Compte-rendu annuel, 1900 (in-8°, 225 × 155 de 170 p.). Porto, Imprensa moderna, 1902. 41957

DURASSIER (L.). — *Rapports du Jury international. Classe 101. Apprentissage, protection de l'enfance ouvrière.* Rapport de M. Léon Durassier (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 290 × 200 de 282 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1901 (Don de l'auteur, M. de la S.). 41953

Électricité.

CARVALHO (M.-E.). — *L'électricité déduite de l'expérience et ramenée aux principes des travaux virtuels*, par M.-E. Carvalho (Scientia. Série physico-mathématique. No 19. Mai 1902). (in-8°, 200 × 130 de 91 p. avec 12 fig.). Paris, C. Naud, 1902 (Don de l'éditeur). 41942

DUCRETET (E.). — *Guide pratique de télégraphie hertzienne sans fil aux grandes distances*, par E. Ducretet (in-8°, 240 × 155 de 48 p.). Guise, Imprimerie Baré, 1901 (Don de l'auteur, M. de la S.). 41939

DUCRETET (E.). — *La télégraphie hertzienne sans fil aux grandes distances*, par E. Ducretet (in-8°, 240 × 155 de 29 p.). Guise, Imprimerie Baré, 1901 (Don de l'auteur, M. de la S.). 41940

GUILBERT (C.-F.). — *Les générateurs d'électricité à l'Exposition universelle de 1900*, par C.-F. Guilbert (in-8°, 270 × 180 de II-767 p. avec 615 fig., 118 pl. et 20 tab.). Paris, C. Naud 1902 (Don de l'éditeur). 41908

LOPPÉ (F.). — *Formules et tables pour le calcul des conducteurs aériens*, par F. Loppé (in-8°, 280 × 190 de 104 p. avec 28 fig.). Paris, E. Bernard et Cie, 1902 (Don des éditeurs). 41916

PERRINE (F.-A.-C.). — *Power Plants of the Pacific Coast.* A Paper read before the 220th Meeting of New-York Electrical Society January 15th. 1902, by F.-A.-C. Perrine (in-8°, 265 × 200 de 24 p. avec illust.). New-York Copyrighted, 1902, by the New-York Electrical Society, 114 Liberty Street. 41928

Enseignement.

Annual Calendar of Mc Gill College and University Montreal. Session 1902-1903 (in-8°, 220 × 145 de XXXII-411 p.). Montréal, 1902. 41959

École spéciale d'architecture. Concours de sortie de 1902. 1re épreuve. Projet. L'Hôtel d'un Journal quotidien (une feuille 275 × 220 de 4 p.). Paris, Imprimerie Delalain. 41960

Géologie et Sciences naturelles diverses.

Field Columbian Museum. Publication 62. Report Series Vol. II. N° 1. Annual Report of the Director to the Board of Trustees for the year 1900-1901 (in-8°, 250 × 165 de 80 p.). Chicago, U. S. A. October 1901. 41946

LECLÈRE (A.). — *Étude géologique et minière des Provinces chinoises voisines du Tonkin*, par M. A. Leclère (Extrait des Annales des Mines, livraisons d'Octobre et de Novembre 1901 et de Septembre 1900) (in-8°, 250 × 165 de 219 p. avec pl. V à XVI). Paris, Ve Ch. Dunod, 1902 (Don de l'éditeur). 41914

Législation.

Société internationale des électriciens. Annuaire pour 1902. (Supplément au Bulletin mensuel N° 14, 2e série avril 1902). (In-8°, 275 × 185 de 104 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1902. 41902

The Institution of Mechanical Engineers. List of Members. March 1902. Articles and By-Laws (in-8°, 215 × 140 de 202 p.). 41963

Métallurgie et Mines.

Brown (W.). — *North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers. Subject Matter Index of Mining, Mechanical and Metallurgy Literature for the year 1900.* Edited by the Secretary Walter Brown (in-8°, 245 × 155 de xxiv-197 p.). Newcastle-upon-Tyne, Published by the Institute, 1902. 41962

Comité des Forges de France. Annuaire 1902-1903 (in-8°, 200 × 135 de 381 p.). Paris, 32, Boulevard Haussmann. 41925

Scott (H.-K.). — *The Manganese ores of Brazil,* by Herbert Kilburn Scott (Reprinted from the Journal of the Iron and Steel Institute. N° 1, for 1900) (in-8°, 215 × 140 de 40 p. avec pl. v à xiv). London, Published at the Office of the Institute, 1900 (Don de l'auteur M. de la S.). 41927

Scott (H.-K.). — *The Mines of Elba,* by Herbert Kilburn Scott (Iron and Steel Institute. May 1895) (in-8°, 215 × 140 de 28 p.). Don de l'auteur, M. de la S.) 41926

Navigation aérienne intérieure et maritime.

Dibos (M.). — *Le scaphandre. Son emploi,* par M. Dibos (Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 160 p. avec 33 fig.). Paris Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1902 (Don de l'auteur, M. de la S. et de l'éditeur). 41943

Franzius (L.). and Bates (L.-W.). — *Project for the Improvment of the Hwang Pu River to the Port of Shanghai, China, based upon Reports, Plans, Designs and Estimates,* prepared by Ludwig Franzius and Lindon W. Bates (in-4°, 340 × 215 de 35 p. avec 4 pl.). London, Vincent Brooks, Day and Ltd., 1902 (Don de M. L.-W. Bates, M. de la S.). 41934

List of the lighthouses, light-wessels, buoys and beacons on the coast and rivers of China for 1902 (Corrected to 1 st. December 1901). Thirthieth Issue. (China. Imperial Maritime Customs. III. Miscellaneous serie N° 6.) (in-4°, 275 × 220 de 55 p. avec 9 cartes). Shanghaï, 1902. 41913

Memoria que manifiesta el estado e y progreso de las Obras de Mejora de la Ria de Bilbao y cuenta de ingresos y gastos durante el año de 1901 (Junta de Obras del Puerto de Bilbao) (in-4°, 270 × 210 de 91 p. avec pl.). Bilbao, Ezequiel Rodriguez, 1902. 41936

Société d'études pour la navigation aérienne par des appareils plus lourds que l'air. Statuts. (in-8°, 245 × 160 de 8 p.). Versailles, Société anonyme des imprimeries Girardin, 1902. 41944

Sciences mathématiques.

Ocagne (M. d'). — *Sur quelques travaux récents, relatifs à la nomographie*, par M. Maurice d'Ocagne (Extrait du Bulletin des Sciences mathématiques. 2e série tome XXVI, Mars 1902) (in-8°, 255 × 170 de 16 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1902 (Don de l'auteur). 41922

Technologie générale.

Congrès international de la meunerie, tenu à Paris du 9 au 11 août 1900. Procès-verbal sommaire, par MM. E. Vincienne et L. Cornu (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900. Direction générale de l'Exploitation) (in-8°, 255 × 175 de 20 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902 (Don de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie). 41912

Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie. *Publication in extenso. Juillet 1900, 301 655 à 302 562*. Paris, Imprimerie Nationale, 1902. 41924

Guide officiel de l'Exposition industrielle de Dusseldorf en 1902 (in-8°, 195 × 110 de 59 p.). Dusseldorf, L. Schwann, 1902. 41921

Quinette de Rochemont (Bon). — *Congrès international du Génie civil, tenu à Glasgow en 1901. Compte rendu des travaux de la 2e section*, par le Baron Quinette de Rochemont (Extrait des Annales des Ponts et Chaussées, 4e trimestre 1901) (in-8°, 190 × 155 de 61 p. avec pl. 13 à 15). Paris, E. Bernard et Cie, 1902 (Don de l'auteur). 41961

Society of Engineers. Transactions for 1901 and General Index 1857 to 1901 (in-8°, 225 × 140 de 272 p.). London, E. and F. N. Spon, 1902. 41917

The John Crerar Library. Swenth Annual Report for the year 1901 (in-8°, 255 × 170 de 50 p.). Chicago, Printed by order of the Board of Directors, 1902. 41937

Transactions of the American Society of Civil Engineers. Vol. XLVII. April 1902 (in-8°, 230 × 150 de IV-449 p. avec 13 pl.). New-York, Published by the Institute, 1902. 41903

Travaux publics.

Annual Reports of the Var Department for the fiscal year ended June 30 th 1901. Report of the Chief Engineers. Part. I to V. and Supplement (6 vol. in-8°, 235 × 145) Washington, Government Printing Office, 1901 (Don de M. D. Bellet, M. de la S.). 41947 à 41952

BERGER (C.), GUILLERME (V.) et CANDLOT (E.). — *La construction en ciment armé. Applications générales. Théories et systèmes divers*, par C. Berger, V. Guillerme. Préface de E. Candlot (in-8°, 255 × 165 de VIII-886 p. avec atlas 315 × 240 de XLIX pl.). Paris, Ve Ch. Dunod, 1902 (Don de l'éditeur). 41910 et 41911

EMPERGER (F.). — *Neuere Bauweisen und Bauwerke aus Beton und Eisen nach den Stande bei der Pariser Weltausstellung 1900. I. Theil.* von Fritz v. Emperger (Sonderabdruck aus der « Zeitschrift der Oesterreichischen Ingenieur-und Architekten Vereins » 1901. N. 7, 8, 43 u. 46, mit einen Anhange über Stiegenbauten) (in-4°, 365 × 260 de 29-7 p. avec 75 fig. et 3 pl.). Wien, Verlag von Lehmann und Wentzel, 1900 (Don de l'auteur). 41905

LEDUC (E.). — *Chaux et ciments*, par E. Leduc (Encyclopédie industrielle) (in-16, 180 × 115 de 484 p. avec 119 fig.). Paris, J. Baillière et fils, 1902 (Don des éditeurs). 41931

TETMAJER (L.). — *Internationaler Verband für die Materialprüfungen der Technik. Budapester Kongress 1901. Über die Gesetze der Knickungs-und der zusammengesetzten Druckfestigkeit der technisch wichtigsten Baustoffe.* Mitteilung von Prof. L. Tetmajer (in-8°, 235 × 160 de 218 p. avec 6 pl.). Zürich, Druck von A. Markwalder, 1901 (Don de l'auteur). 41907

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis, pendant le mois de juin 1902, sont :

Comme Membres Sociétaires, MM. :

Ch. Bardot,	présenté par MM.	Salomon, de Boischevalier, Planche.
L. Brandon,	—	Suss, Chabardès, Peironcely.
P.-G. Debesson,	—	Deharme, Flicoteau, Leroy.
E. Delafond,	—	d'Anthonay, Barlet, Couriot.
P. Desombre,	—	Farcot, Liébaut, Schwarber.
M. Le Las,	—	Chambon, Meyer-May, Nettre.
Ch.-E. Pinat,	—	Salomon, Ferré, Germon.
A. Sée,	—	L. Francq, Gauthier-Lathuille, Lavollay.
A.-E. Stern,	—	Moreau, Nouguès, Nilson.
F.-M. Viillemagne,	—	Gaget, Kramer, Le Sauvage.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUIN 1902

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 6 JUIN 1902

Présidence de M. L. Salomon, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer à la Société le décès de plusieurs de nos Collègues; ce sont MM. :

E. Bara, Membre de la Société depuis 1862, ancien Chef de la Section de la Compagnie du Chemin de fer de l'Est;

A. H. Courtois, ancien Élève de l'École des Arts et Métiers de Châlons (1860), Membre de la Société depuis 1875, a été attaché aux Ateliers de Constructions de MM. Joly, aux Usines de Marquise, et aux Ateliers Mazeline; a été Ingénieur attaché à l'Arsenal de Fou-Tchéou. Mandarin de 5e rang;

H. P. Ménard, ancien Élève de l'École des Arts et Métiers d'Angers. Membre de la Société depuis 1895; a été Ingénieur du gouvernement du Guatémala; Directeur Général de la Compagnie de Constructions métalliques de Mexico;

C. Schumacher, Membre de la Société depuis 1901. Directeur de la Fabrique de machines Breuer, Schumacher et Cie, à Kalk, près Cologne.

M. le Président adresse aux familles de nos regrettés Collègues l'expression des sentiments de douloureuse sympathie de la Société tout entière.

M. le Président a le plaisir d'annoncer les décorations et nominations suivantes :

1° Officier de l'Instruction publique, M. G. Dehenne.

2° Officier du Mérite Agricole, M. Charles Jablin-Gonnet;

3° Chevaliers du Mérite Agricole, MM. A. Aubert, E. Halphen, G. Mestayer;

4° Commandeur de l'Ordre d'Isabelle la Catholique, M. V. Alvargonzalez.

Ont été nommés Conseillers du Commerce extérieur de la France :
MM. E.-L. Candlot, P.-A. Darracq, Ch.-L. Regnault.

M. Le Président adresse les plus vives félicitations de la Société à nos Collègues.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière seance.

Cette liste sera insérée dans un prochain *Bulletin*.

M. le Président communique à la Société les avis suivants :

1° Le Congrès de l'Association Française pour l'avancement des Sciences se tiendra à Montauban, du 7 au 14 août prochain;

2° La prochaine Assemblée Générale de l'Union Internationale permanente de Tramways, aura lieu cette année, à Londres, les 1er, 2, 3, 4 juillet prochain.

Cette Assemblée générale coïncidera, cette année, avec une grande Exposition spéciale à l'Industrie des Tramways et des Chemins de fer Vicinaux.

L'adresse de l'Union Internationale est : 6, impasse du Parc, à Bruxelles;

3° Le Congrès International de Navigation, qui doit se tenir prochainement à Dusseldorf, nous a envoyé une circulaire pour nous faire savoir qu'à l'occasion du Congrès, un volume en trois langues, Français, Anglais, Allemand, sera publié et contiendra les travaux présentés, au nombre de 100 environ.

L'administration du Congrès ajoute que, comme ces publications auront une valeur durable, et que les frais d'impression dépasseront de beaucoup le montant de la cotisation de 20 marks de chaque Membre du Congrès, on peut conseiller d'acquérir la qualité de Membre du Congrès non seulement aux personnes qui ont l'intention d'y prendre part, mais aux Sociétés, Associations, Bibliothèques et à toutes les personnes que ce sujet intéresse, mais qui ne peuvent pas se rendre à Dusseldorf.

Le prix sera de 20 marks, soit environ 25 *f*.

L'Association Française pour la protection de la Propriété industrielle tiendra son premier Congrès national, à Lille, les 16 et 17 courant.

Les Documents relatifs à ces avis sont déposés au Secrétariat à la disposition des Membres de la Société qu'ils peuvent intéresser.

M. d'Ocagne, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Professeur et Chef du service des Cartes, Plans et Instruments de précision à l'École des Ponts et Chaussées, a fait parvenir à la Société deux exemplaires d'une Note parue au *Bulletin des Sciences mathématiques* et donnant une analyse critique du travail fait par M. Soreau, notre Collègue, sur la *Nomographie*.

M. d'Ocagne nous informe, en même temps, qu'il se tient à la disposition des Membres de la Société que ce sujet intéresse, pour leur faire parvenir, sur leur demande, un exemplaire de cette Note à titre personnel.

M. le Président dit que le Comité de la Société des Ingénieurs Civils ainsi que tous ses Membres ne sont pas restés indifférents au terrible désastre qui vient de frapper notre Colonie de la Martinique.

Nous avons dans ce pays deux Sociétaires à qui nous avons immédiatement écrit pour leur demander de nous faire parvenir quelques renseignements tant sur leur situation nouvelle que sur celle d'autres Ingénieurs pouvant se trouver avec eux dans cette région.

Le Comité a pensé, en effet, qu'il était préférable d'appliquer les fonds dont nous pourrions disposer, à venir en aide directement à nos Collègues, le cas échéant.

M. le Président ajoute que M. Bayliss, Membre de notre Société, résidant en Angleterre, nous a, à cette occasion, adressé une somme de 250 *f* destinée à venir en aide aux sinistrés de la Martinique.

M. le Président est heureux, au nom de la Société tout entière, de lui adresser ses vifs remerciements pour ce témoignage de sympathie.

M. P. Chalon annonce qu'un concours est ouvert à Bilbao par la *Sociedad Española de Minas* qui cherche à développer l'industrie en Biscaye, en faisant appel aux Ingénieurs espagnols et étrangers.

M. Chalon dépose sur le bureau des exemplaires du programme (en espagnol) de ce concours et sa traduction. 30 000 pesetas sont affectées aux prix à décerner.

Le but est de provoquer la présentation d'avant-projets d'installation :

1° *D'une industrie nouvelle dérivée du fer et de l'acier;*

2° *D'industries auxiliaires ayant pour objet :*

a) *L'utilisation des sous-produits du charbon;*

b) *L'utilisation des scories;*

c) *L'utilisation des déchets et résidus de laminage;*

d) *L'utilisation des gaz de fours quelconques;*

e) *La fabrication de produits réfractaires;*

3° D'industries nouvelles en Biscaye, et concernant toutes autres branches que celles du fer et de l'acier.

On pourra indiquer comme force motrice la vapeur, les chutes d'eau ou l'énergie électrique.

Agence à Paris, 3, rue Mogador, où le Directeur et l'Ingénieur-Conseil se tiennent à la disposition des Membres de la Société des Ingénieurs

Civils, pour tous autres renseignements complémentaires relatifs au concours.

M. le Président remercie M. Chalon de sa communication, que plusieurs de nos Collègues pourront probablement utiliser avec profit. Elle sera insérée au prochain *Bulletin*, et les documents seront déposés au Secrétariat, à la disposition de nos Collègues.

M. Jules Garçon a la parole sur l'œuvre des *Répertoires industriels*, ou *Recueils bibliographiques universels de chaque industrie, destinés aux Ingénieurs et aux Industriels.*

Il cite des cas où de grosses pertes de temps eussent été évitées, si les intéressés avaient pu consulter un semblable répertoire : tel cet inventeur, qui allait faire breveter une invention, déjà connue depuis vingt-cinq ans.

Les industriels trouvent le moyen de lutter contre le monopole non fondé d'un inventeur, ou celui de défendre les droits justifiés d'une découverte.

Il cite le cas de l'industrie des tissus, crépons et simili-soies, qui put, en 1894, bénéficier de l'invention antérieure de Mercer, sur la mercerisation du coton, pour battre en brèche un brevet récent qui prétendait au monopole de cette industrie, mais il fallut beaucoup de temps et d'argent pour réunir les éléments de preuve.

De semblables recherches doivent embrasser la bibliographie du monde entier, dans les langues les plus diverses, y compris le japonais.

Le Répertoire Universel donne l'*analyse* de tous les documents *utiles*, brevets, mémoires, livres, etc., et en répète les conclusions textuelles.

Il a deux divisions :

1° Division rétrospective ;

2° Division d'actualité.

Cette dernière, avec volumes annuels et tables, les numéros d'ordre des chapitres correspondant aux volumes rétrospectifs.

Les tables analytiques, à la fin de chaque volume, doivent suffire à tout, sans clef, ni index, ni tableau des abréviations.

Les premières industries traitées sont les tinctoriales, blanchiment, impression, apprêts. Ce premier travail, qui sera terminé en 1911, représentera le dépouillement de 35 000 volumes.

Puis viendront : la métallurgie, les cuirs et peaux, les matériaux de construction, les industries chimiques, etc.

L'orateur fait l'éloge des publications du Patent Office de Londres, dans lesquelles les recherches sont rendues si faciles par leur arrangement intelligent.

M. le Président remercie M. Garçon de sa communication, et pense, avec lui, que beaucoup d'Ingénieurs auront intérêt à posséder ces bibliographies. Il lui souhaite le plus grand succès dans l'œuvre qu'il poursuit.

M. G. Richard a la parole pour sa communication sur la *machine-outil moderne.*

Il dit que l'objet de cette communication est de faire saisir, par quel-

ques exemples, les tendances actuelles de l'évolution des machines-outils; ces tendances dérivent de la destination même des machines-outils, qui est de travailler exactement et avec économie, et de la nécessité où se trouvent aujourd'hui la plupart des ateliers de devoir s'adapter promptement aux travaux les plus divers; ces tendances peuvent se ramener à trois directions : vers l'*automaticité*, la *spécialisation*, la *mobilité* des machines-outils.

Tout d'abord, pour fabriquer bien, c'est-à-dire travailler avec exactitude, la machine doit être assez robuste pour que la trajectoire de l'outil, telle qu'elle est définie par les liaisons géométriques et mécaniques de ses mécanismes, ne soit jamais déformée ni par la fatigue de ces mécanismes, ni par celle de la pièce en travail, et aussi que le profil de coupe de l'outil ne soit pas déformé par son usure pendant un travail donné. Pour remplir cette condition essentielle, il ne faut pas seulement que la machine-outil soit établie de manière à y satisfaire normalement, il faut aussi ne jamais la surmener, ce qui n'arrive que trop souvent, notamment dans les travaux de fraisage. C'est ainsi que l'on a souvent intérêt, pour éviter ce surmenage de la fraiseuse et de ses fraises, très coûteuses à bien établir, à dégrossir les pièces, à en décroûter les fontes sur des machines et par des outils autres que ceux auxquels on ne confie ensuite que le travail de finissage; ce travail peut alors se faire rapidement, sans détériorer les outils ni fatiguer les machines et avec une précision absolue.

La précision est aujourd'hui presque toujours imposée par la nécessité de satisfaire à la condition de l'interchangeabilité des pièces, exigée par le client; on ne peut donc plus y échapper; mais, en dehors de cette exigence même, l'interchangeabilité est, dans bien des cas, une nécessité de la fabrication; c'est le cas de toutes les fabrications en séries nombreuses, comme, par exemple, celle des machines à coudre ou des armes de guerre, qui se produisent par milliers en un jour. On conçoit, en effet, que, si les innombrables pièces d'une pareille production n'arrivaient pas aux bancs des ajusteurs absolument interchangeables et prêtes à être montées chacune à leur place, sans aucune retouche, ce travail de montage se ralentirait au point de ne jamais pouvoir suivre la marche du reste de l'atelier, sans compter les erreurs fatalement commises. Et, en dehors de ce cas où l'interchangeabilité est d'une nécessité absolue, même si elle n'était pas imposée pour la vente, on peut dire que, presque toujours, elle est une source d'économie, car il n'est pas plus coûteux de travailler exactement avec un bon outillage qu'inexactement avec un mauvais, et l'on a bien vite regagné l'amortissement un peu plus lourd de ce bon outillage, à la fois, comme nous le verrons, par la rapidité de son travail, et, en admettant même que ce travail ne soit pas plus rapide, par l'économie des dépenses de montage, d'ajustage et d'essais, ainsi que par la bonne marque très vite acquise par des produits irréprochables.

Pour travailler économiquement, il faut, nous venons de le voir, ne pas craindre de travailler exactement, mais il faut aussi travailler le plus vite possible, car ce qui domine aujourd'hui, ce n'est pas, dans la plupart des cas, le salaire journalier de l'ouvrier, mais son salaire à la

tâche, c'est-à-dire le temps passé à l'exécution de la pièce, au montage et aux essais de machines finies. Nous venons de voir comment la précision du travail des machines-outils économisait de ce montage et de ces essais. Pour marcher vite, il faut que le travail de la machine-outil soit autant que possible automatique, c'est-à-dire que la machine puisse exécuter, sur la pièce qu'elle travaille, automatiquement, et sans déranger cette pièce, le plus grand nombre de travaux possible. Il est bien évident que l'on marche ainsi le plus vite possible, puisque ces différents travaux se succèdent avec le minimum de perte de temps, et aussi le plus économiquement possible, non seulement du fait de cette rapidité même, mais aussi de ce que, ces différents travaux se succédant sans intervention de l'ouvrier, on peut presque toujours confier à un seul ouvrier la surveillance de plusieurs de ces machines. En outre, le travail de ces machines automatiques est très précis, car on évite les chances d'erreurs du remontage de la pièce à chacun des travaux que la machine automatique exécute successivement sans qu'on ait à déplacer cette pièce, et cette machine, une fois réglée, ne se dérègle pas; elle s'arrête ou continue de répéter imperturbablement, et sans erreur possible, sa série d'opérations, avec la précision imprimée, une fois pour toutes, à son réglage. Les machines automatiques donnent donc un travail à la fois rapide et précis, de sorte qu'il faut toujours s'efforcer de rendre le travail des machines-outils aussi automatique que possible.

La spécialisation, c'est-à-dire l'adaptation des machines-outils à la forme des pièces qu'elles ont à traiter et aux travaux spéciaux que ces pièces doivent subir, agit évidemment comme l'automaticité, qu'elle a d'ailleurs pour effet de permettre dans bien des cas; elle accélère et précise le travail des machines. Aussi, ne faut-il pas hésiter, toutes les fois que l'abondance et la stabilité de la vente le permettent, à étudier, pour le travail en séries des objets à fabriquer, des machines-outils spécialement en vue de cette fabrication. Chaque fois que les conditions commerciales le permettent, grâce au débit de l'objet fabriqué, la spécialisation de sa fabrication s'impose, non seulement parce que cette fabrication sera ainsi plus économique, mais parce que l'industriel qui s'y consacrera connaitra bien vite, mieux que tout autre, la technologie de son produit, en s'en tenant au courant par ses études personnelles, et parce que les inventeurs qui marchent dans sa voie viendront tout naturellement lui présenter leurs idées, comme à l'homme le mieux à même d'en apprécier la justesse et de les mettre en valeur.

Ces quelques notions générales sont ensuite illustrées par des exemples choisis dans les grandes classes des machines-outils : tours, alésoirs, perceuses, raboteuses, en citant notamment : parmi les tours, ceux à manivelles, à canons, à fileter, avec cônes de pignons évitant toute chance d'erreur dans la fixation des pas, les tours à essieux et à roues, à poulies, et les tours verticaux, sur lesquels on installe si facilement, pour le tournage, le dressage et l'alésage, des pièces qu'il serait presque impossible de monter sur des plateaux horizontaux. Le tour à revolver est un exemple des plus remarquables de machine automatique à répétition : de nombreux exemples montrent comment on a étendu l'emploi de ces tours aux fabrications les plus diverses, en im-

portance et en variété, en agrandissant la base du revolver (tours à plaques), puis en le faisant polygonal, de manière à pouvoir attacher solidement sur ses faces des outils de toute sorte et de toute puissance, et enfin en complétant le revolver principal, déjà si considérablement accru, par l'adjonction de revolvers auxiliaires, de manière à transformer le tour à revolver en une sorte de machine universelle. On n'a pas, bien entendu, manqué de faire bénéficier les tours verticaux des avantages du revolver, en munissant leur bras porte-outil de ce mécanisme; quelques exemples suffisent pour montrer quelle variété de travaux l'on peut exécuter avec ce genre de tour ainsi complété.

La machine à vis est arrivée aujourd'hui à réaliser l'automaticité absolue de suites de travaux extrêmement multiples et variés. Elle dérive du tour à revolver par l'application de deux principes : le dédoublement du revolver et la commande de tous les mouvements de la machine par un seul arbre, au moyen de cames facilement réglables et entraînées par cet arbre. Le dédoublement du revolver et de ses broches ou poupées permet de traiter successivement les deux bouts de la pièce présentée par la première broche au premier revolver, traitée à un bout par les outils de ce revolver, puis séparée de la barre dont on la tire, passée de la première broche à la seconde, et présentée par elle au second revolver, qui en traite ainsi l'autre bout. Ces différents mouvements : avance de la barre, décolletage et coupe de la pièce par les chariots latéraux, travail successif des outils des deux revolvers, tous ces mouvements très nombreux, de vitesses et d'amplitudes variant avec la nature même des travaux à exécuter, doivent être réglés de manière à ne jamais interférer entre eux, et pouvoir être variés facilement afin de s'adapter aux travaux les plus différents. La synergie de ces mouvements est assurée par leur commande au moyen de cames entraînées toutes par un même arbre, car ces cames, une fois réglées par tâtonnements de manière à assurer la succession de ces mouvements sans interférence, ne se déréglent pas. La facile adaptation de ce réglage aux travaux les plus divers est facilitée par l'emploi de cames dites protéiformes, constituées par des lames que l'on peut allonger ou raccourcir à volonté, et disposer dans toutes les inclinaisons sur de gros tambours calés sur l'arbre de ces cames; on trace très facilement l'épure de ces cames pour une série donnée de travaux, et on en complète le réglage sur les tambours mêmes, par tâtonnement. Lorsque ces machines ont à traiter des pièces autres que celles tirées de barres avancées par les checks des poupées, on les munit de mécanismes avanceurs spéciaux, qui en rendent la marche entièrement automatique, l'ouvrier n'ayant qu'à veiller au remplissage de ces avanceurs.

La spécialisation des alésoirs a donné lieu à la création d'appareils multiples ou universels, permettant d'aléser de nombreux trous simultanément et dans des directions rigoureusement définies. Comme exemples, on peut citer les alésoirs disposés spécialement pour l'alésage, dans des directions rigoureusement orthogonales, des cylindres et des logements des robinets de machines Corliss; les alésoirs à barres parallèles multiples, pour le traitement simultané des cylindres des petits moteurs d'automobiles, et l'alésoir quintuple employé dans les ateliers

de Mac Cormick pour le forage des portées des commandes centrales des moissonneuses. L'alésage des armatures des grandes dynamos a donné naissance à un type spécial d'alésoir, dont l'arbre, monté sur une sorte de traverse de raboteuse, peut s'élever et descendre le long de montants à vis qui lui permettent de traiter les diamètres allant jusqu'à 5 et 6 *m* au moyen de deux bras porte-outils rainurés à son extrémité. Lorsque la pièce à aléser est trop grande pour être facilement déplacée, on a tout avantage à employer des outils mobiles, faciles à monter sur la pièce à travailler : exemple l'alésoir portatif employé aux ateliers Westinghouse pour l'alésage des paliers sphériques venus de fonte avec les bâtis de grandes machines de 8 à 10 000 *ch* des stations électriques.

Pour le rabotage de ces pièces exceptionnellement encombrantes, les raboteuses latérales ouvertes présentent des avantages marqués en raison de la facilité avec laquelle on les monte sur leur table, sans être gêné ni limité, comme dans les raboteuses ordinaires, par l'écartement des deux montants; l'étau limeur, qui peut être considéré comme une variété de ces raboteuses latérales, peut être facilement complété, ainsi que la mortaiseuse, par un mécanisme de fraisage qui en étend singulièrement l'emploi; enfin, pour le traitement des pièces qui exigent des rabotages dans les deux sens : horizontal et vertical, on emploie les raboteuses dites universelles, que l'on peut considérer comme dérivées de la combinaison d'une mortaiseuse et d'une raboteuse ordinaire; ces machines rendent les meilleurs services pour la construction des machines marines.

Parmi les perceuses spéciales récentes, et déjà très fréquemment employées, on peut citer, comme des plus ingénieuses, les perceuses multiples articulées, dont les forets sont commandés par des transmissions à double joint de Hooke, télescopées de manière à permettre de les grouper sur un polygone quelconque correspondant à la disposition même des trous à percer, par exemple, dans une bride de tuyauterie ou dans un moyeu de vélocipède; on obtient ainsi un perçage rapide et précis de ces trous; cette même disposition s'applique au perçage des trous de rivures des chaudières. Lorsqu'il s'agit de percer dans une pièce telle, par exemple, qu'un cylindre de machine à vapeur locomobile, une série de trous de diamètres, de profondeurs et d'orientations différents, on a tout intérêt, pourvu que ces pièces et ces trous soient suffisamment nombreux, à enfermer la pièce à travailler dans une sorte de caisse percée de trous-guides, au diamètre des différents trous à percer, orientés suivant la direction de ces trous et pourvus de collets arrêtant les forets à la profondeur voulue ; le perçage de ces différents trous se fait alors avec la plus grande facilité au moyen de perceuses portatives montées sur la caisse-gabarit ; cette spécialisation fort ingénieuse permet de percer un grand nombre de trous, dans les directions les plus variées, exactement à leur place et sans aucune erreur de direction, de diamètre, ni de profondeur, en rendant ce travail aussi automatique que possible.

La fraiseuse universelle, qui permet, grâce aux mouvements combinés de sa table et de sa genouillère, de tracer des spirales coniques, est susceptible, comme on le sait, d'applications pratiquement innom-

brables et d'une infinie variété ; et la plupart de ces opérations peuvent être grandement facilitées par l'addition de petits outillages spéciaux, adaptés à ces travaux et faciles à monter sur la fraiseuse, comme, par exemple, la taille des pignons et des crémaillères, des roues de chaînes... et la facilité d'adaptation de ces fraiseuses aux travaux de toutes sortes peut être encore augmentée par l'emploi de têtes articulées disposées de manière à pouvoir orienter la fraise dans toutes les directions. Les fraiseuses verticales présentent, comme les tours verticaux, l'avantage de pouvoir traiter très facilement des pièces difficilement abordables par des fraises à axe horizontal, et dont le travail est aidé par la rotation du plateau qui porte la pièce ; aussi ce genre de fraiseuses s'est-il rapidement répandu. Les fraiseuses raboteuses permettent l'application de la fraise aux travaux de force, de dressage ou de rabotage en profil ; elles exécutent la plupart de ces travaux beaucoup plus vite et d'une façon plus précise que les raboteuses, en raison de ce que l'on peut donner, et sur une très grande longueur, à la fraise, le contours même du profil à reproduire, et aussi de ce que la fraise, dont chaque dent reste longtemps à l'air au sortir de sa coupe, peut, en raison de ce meilleur rafraîchissement, abattre, sans crainte de se détremper, plus de métal que les outils de raboteuses qui restent enfouis dans leur coupe. Ces fraiseuses raboteuses, qui peuvent, dans certains cas, procurer des économies allant jusqu'à 50 0/0 sur le travail analogue de la raboteuse ordinaire, se répandent de plus en plus. On peut leur rattacher les grandes fraiseuses de front, employées notamment pour le dressage des plaques de blindages. Les fraiseuses aléseuses dérivent presque toujours des alésoirs universels, par l'addition, à leurs barres, de dispositifs de fraisage qui en étendent considérablement l'action, comme on le voit par les quelques types montrés en projection. On peut encore signaler, parmi les très nombreuses spécialisations de la fraise, celles disposées pour le fraisage circulaire ou tournage à la fraise, qui permet, grâce à l'extrême variété des profils que l'on peut donner aux fraises, d'exécuter des travaux de tournage avec plus de précision et beaucoup plus vite que sur le tour ordinaire. Cette propriété, caractéristique de la fraise, de prendre les profils les plus variés, en ajoutant sa propre souplesse d'adaptation à celle même des mécanismes qui la commandent, est des plus précieuses et en fait l'outil par excellence de travaux de reproduction au gabarit ; et si l'on a tant tardé à utiliser, comme on le fait aujourd'hui partout, cet outil véritablement universel et connu depuis Vaucanson de tous les mécaniciens, c'est qu'on ne connaissait pas le moyen de tailler exactement et économiquement ces fraises de forme. C'est à un mécanicien français du plus grand mérite, M. Kreutzberger, que l'on doit les premières machines véritablement pratiques à tailler les fraises, et qui ont rendu à la mécanique un service inappréciable.

La meule peut être considérée comme une sorte de fraise à dents infiniment petites, mais aussi infiniment dures, et, par suite, admirablement adaptées au finissage des objets en acier trempé, sur lesquels on parvient ainsi à rectifier les moindres déformations de la trempe ; c'est la raison d'être des machines ou meules à rectifier, d'un emploi universel aujourd'hui, et sans lesquelles il est, dans bien des cas, impos-

sible d'atteindre la précision voulue pour l'interchangeabilité ; ce même principe est appliqué avec un plein succès au finissage de bagues, coulisses, cuvettes de vélocipèdes... en un mot, de toutes les pièces très dures et qui exigent une grande précision finale. Les petites meules employées à ces travaux sont actionnées par des machines qui en rendent le fonctionnement automatique, comme celui des fraiseuses à copier ; elles sont parfois animées de vitesses prodigieuses, allant jusqu'à 120.000 tours par minute ; ces grandes vitesses permettent de meuler de très petits trous avec des pointes d'acier enduites de carborundum. L'une des spécialisations les plus connues et des plus avantageuses de la meule est son adaptation à l'affûtage automatique et précis des outils, notamment des fraises et des forets hélicoïdaux, pour lequel elle est véritablement indispensable. L'emploi de ces affûteuses automatiques ne s'est pas encore étendu comme il le faudrait aux affûtages des outils de tour et de raboteuses, bien qu'il soit tout aussi essentiel que pour les fraises et les forets de leur assurer la conservation, par un affûtage précis, des formes, arêtes et angles de coupe reconnus les meilleurs par la pratique. Ces formes diffèrent très notablement suivant la nature du métal à travailler et celle de ce travail même, et il existe aujourd'hui des affûteuses tres simples, qui permettent de reproduire très exactement ces formes, si variées qu'elles soient, telles qu'elles sont reportées sur un tableau d'affûtage dressé pour l'emploi de ces machines. On aurait un très grand intérêt à remplacer par ces affûteuses les grosses meules encore si fréquemment employées pour l'affûtage empirique et irrégulier des outils de tours et de raboteuses.

Les engrenages et pignons sont des organes employés dans presque toutes les machines : il est, dès lors, tout naturel que l'on ait créé, pour les tailler, un grand nombre de machines-outils spéciales, des plus variées et des plus ingénieuses. On rencontre, dans ces machines, dérivées plus ou moins directement, pour la plupart, de l'étau limeur ou de la fraiseuse, des mécanismes de division, de profilage et d'avancement extrêmement ingénieux, mais impossibles à saisir autrement que par une étude détaillée de leur fonctionnement ; il y en avait, à l'exposition de 1900, de très remarquables, pour l'étude desquelles on ne peut que renvoyer aux monographies spéciales, en signalant toutefois l'application de deux principes nouveaux : la taille des pignons droits par un outil ayant la forme même d'un pignon en développante du pas de la roue en taille (machine de Fellows), et le finissage des petits pignons fondus par leur roulement sur un pignon gabarit correspondant (Brown et Sharpe). Tout récemment, enfin, l'on est parvenu (machine de Polanowski et John) à tailler exactement à la fraise les pignons à simples et doubles chevrons en plein corps de la jante.

Il ne suffit pas de posséder d'excellentes machines-outils, bien adaptées chacune à son travail, il faut savoir les grouper, les outiller et les employer, en un mot, *organiser leur atelier*. Cette question de l'organisation des ateliers est si vaste qu'elle ne peut être qu'effleurée dans une communication de ce genre, où l'on ne peut guère que signaler quelques points particuliers d'un pareil sujet, en renvoyant ceux qui s'y intéressent plus particulièrement aux monographies spéciales, et

notamment aux très remarquables travaux présentés et publiés, à ce propos, dans les mémoires du Congrès de mécanique de l'Exposition de 1900.

Pour travailler avec précision, il ne faut pas seulement avoir à sa disposition des machines précises, il faut, en outre, pouvoir s'assurer, à chaque instant, de la bonne exécution du travail de ces machines, et ce, au moyen de mesures de vérification exécutées sur les pièces en travail avec précision et rapidité; on y parvient au moyen de jauges et de calibres convenablement adaptés à ces mesure, et mis entre les mains d'ouvriers vérificateurs habitués à s'en servir; mais, pour que ces calibres soient d'un emploi le plus rigoureux possible, il faut qu'ils soient, chaque fois qu'on le peut, doubles ou différentiels. Voici, défini par un exemple, ce que l'on entend par là. Supposons qu'il s'agisse d'un petit alésage : le diamètre d'une bague ; pour le vérifier, on dispose d'une jauge constituée ordinairement par un simple cylindre exactement au diamètre que doit avoir cette bague, et la bague est reçue par le vérificateur si cette jauge passe à frottement doux dans la bague ; le tout est de définir ce frottement doux, dont l'appréciation reste évidemment à la discrétion du vérificateur, et, par conséquent, imprécise. Remplaçons, au contraire, la jauge simple par une jauge double, c'est-à-dire constituée par deux cylindres-calibres disposés bout à bout, et l'un de diamètre un peu plus grand que le diamètre normal de la bague, l'autre de diamètre un peu plus petit ; si le grand bout de ce calibre passe dans la bague, elle est refusée comme trop grande ; si le plus petit ne passe pas, elle est refusée comme trop petite, de sorte que l'erreur tolérée de la bague n'est plus laissé, ici, à l'appréciation du vérificateur, mais limitée par la différence des diamètres des deux bouts de la jauge différentielle, et il est très facile de réduire cette différence au centième de millimètre. On voit que ces jauges différentielles assurent d'une façon très simple et rigoureuse la précision voulue; leur emploi ne saurait être trop recommandé. L'on ne saurait assurer avec trop de rigueur et de méthode la vérification de toutes les pièces finies avant leur livraison du magasin aux ajusteurs. C'est là un service qui doit être confié à des hommes de tout premier ordre, absolument indépendants et impitoyables, et ce dans l'intérêt de tous, ouvriers et patrons, car tous les deux n'ont de chance de voir améliorer leur salaire et leur bénéfice que par une exécution rapide et précise des travaux de l'atelier ; une excellente organisation du service des vérifications des pièces finies, et aussi au cours de leur fabrication, est le seul moyen d'imposer cette précision indispensable et, par conséquent, de l'assurer infailliblement.

Il ne suffit pas d'avoir à sa disposition d'excellentes machines-outils, telles que les fournissent leurs constructeurs, il faut comme on l'a vu en parlant notamment des tours à révolver et des fraiseuses, les outiller; c'est l'affaire du département de l'outillerie, ou du petit outillage. Presque pour chaque série de travaux nouveaux, il est indispensable de munir un certain nombre de machines-outils de tout un système de petit outillage spécialement étudié en vue de ces travaux; c'est là un service des plus importants, qui ne peut être confié qu'à de véritables mécaniciens, connaissant à fond les machines-outils dont ils disposent, sachant

faire à cette occasion véritablement œuvre d'ingénieurs et d'inventeurs, et il ne faut pas hésiter à mettre à leur disposition, dans l'outillerie, qui est comme le cerveau technique de l'atelier, des ouvriers de tout premier ordre, ayant largement à leur disposition l'outillage spécial à leurs travaux. Ces travaux de l'outillerie ne comprennent pas seulement la conception et la fabrication du petit outillage, mais aussi celles des jauges et calibres et des outils, ou, tout au moins, leur entretien. Cet entretien des outils ne saurait être trop systématique et soigné; les outils doivent être en acier de toute première qualité, — certains aciers nouveaux permettent de doubler la production des machines de dégrossissage — l'affûtage très soigné des outils ne doit être confié qu'à des ouvriers spéciaux. Dans certains ateliers des États-Unis, tous les outils des différentes machines de l'atelier sont, à la fin de chaque semaine, renvoyés d'office à l'outillerie, et remplacés par des outils fraîchement affûtés, ce qui est une excellente mesure; en outre, chacun des ouvriers de l'atelier doit pouvoir, à chaque instant, et sans quitter sa machine, se mettre en rapport avec l'outillerie et se faire apporter l'outil nécessaire au remplacement d'un outil défraîchi; on y arrive très facilement par l'organisation d'un système de fiches et d'appels électriques, qui fonctionne dans un grand nombre d'ateliers américains, et qui rend les meilleurs services.

Comme les machines-outils d'un atelier quelconque sont, en somme, obligées d'exécuter les objets tels que les dessine le bureau des études, il est bien certain que l'atelier ne peut rendre ce que promettent et permettent ses machines que s'il existe un accord aussi parfait que possible entre le bureau des études et l'atelier. L'Ingénieur qui dirige le bureau des études doit connaître à fond les ressources de l'atelier, de manière à n'exécuter ses dessins qu'en tenant compte de ces ressources, en adaptant les formes des pièces aux possibilités des machines qui devront les réaliser; tout dessinateur devrait avoir passé, dans l'atelier et dans l'outillerie, le temps suffisant pour en connaître l'organisation et les moyens; aucun ensemble de machine, aucune pièce importante ou exigeant une série de travaux importante, ne devrait passer du bureau à l'atelier sans avoir été l'objet d'un examen de la part des directions du bureau et de l'atelier; l'établissement d'un pareil accord, rarement réalisé, est absolument nécessaire à la bonne marche de la fabrication, c'est-à-dire à l'utilisation la plus complète possible de l'outillage.

Les différentes machines-outils d'un atelier doivent être, non seulement convenablement choisies individuellement, mais elles doivent être, en outre, groupées de manière à en permettre la surveillance par le moins d'ouvriers possible et à réduire au minimum les manutentions. C'est là une condition difficile à satisfaire, même dans le cas d'une fabrication bien définie et bien spécialisée, mais presque impossible à réaliser, avec les systèmes ordinaires de commande des machines, dans le cas des ateliers ayant à s'occuper de travaux susceptibles de varier très considérablement presque d'une année à l'autre, tout en restant d'une nature spéciale; tel est, par exemple, le cas d'un atelier de construction de dynamos, dont la forme et la puissance changent à chaque instant, ce qui exigerait, de l'atelier destiné à en suivre l'évolution, une sorte

d'adaptabilité universelle ou d'élasticité incompatible avec les anciennes organisations.

Il en serait de même pour un grand atelier de construction de moteurs à gaz. D'autre part, plus le machinisme se développe, plus les industries de toute sorte exigent des machines puissantes, formées de pièces de plus en plus lourdes, encombrantes, sur lesquelles il faut exécuter une foule de travaux courts et très variés de perçage, alésage, taraudage, fraisage, travaux qui, avec des machines-outils fixes, exigeraient soit la manutention extrêmement coûteuse et dangereuse de ces grosses pièces perpétuellement transportées d'une machine à l'autre, avec des pertes de temps et de travail très considérables et autant de chances d'erreurs que de manutentions, soit l'établissement, pour le travail de ces pièces, de machines-outils spéciales, très coûteuses et destinées à devenir presque inutiles si la forme et la nature de ces pièces viennent à changer par les progrès des machines dont elles font partie. L'on est parvenu à résoudre cette difficulté, en apparence insurmontable, par l'emploi de machines-outils mobiles et portatives, commandées par des transmissions à cordes ou pneumatiques, et surtout par l'électricité, commande qui présente, à côté de l'avantage capital de l'indépendance complète des machines-outils, celui d'une économie de force motrice. Pour pousser les choses à l'extrême, imaginons un atelier dont le sol serait constitué par une immense plaque de fonte divisée en damier par des rainures, comme la table d'une raboteuse, permettant d'y fixer n'importe où les pièces à travailler, et, autour de ces pièces, les différentes machines-outils mobiles, commandées chacune par leur dynamo, et nécessaires pour l'exécution des divers travaux exigés par cette pièce. On aura ainsi réalisé, autour de cette pièce, au moyen de machines-outils ordinaires et d'un emploi courant, un ensemble permettant de travailler cette pièce avec autant de précision et de rapidité que si on l'avait disposée sur une de ces énormes machines spécialement étudiée et construite à grands frais pour ce travail; et l'on peut, rien n'est même plus facile, dès que les grandes pièces à travailler changent, changer autour d'elles le groupement des machines-outils de sorte que l'atelier se trouve ainsi doué d'une souplesse pratiquement infinie d'adaptation aux variations les plus étendues de sa construction. En outre, puisqu'il n'y a plus de transmissions mécaniques, l'atelier se trouve, non seulement très dégagé de toute obstruction gênante et dangereuse, mais susceptible d'une extension pratiquement indéfinie sans remaniement de fond en comble. Les avantages d'une pareille organisation, rendus sensibles par la projection de quelques exemples, paraissent évidents et de la plus grande importance pour les cas de plus en plus nombreux où elle peut s'appliquer; elle mérite d'attirer l'attention des mécaniciens.

M. le Président remercie beaucoup l'orateur de sa conférence, et regrette que les heures passent si vite. Ce sujet est devenu d'une importance considérable, non pas seulement par les types des machines, mais par le rôle de l'outillage dans l'atelier moderne.

Il demande si quelqu'un ne voudrait pas adresser quelque question supplémentaire.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de :

MM. P.-G. Debesson, M. Le Las, Ch.-E. Pinat, A. Sée, A.-E. Stern et F.-M. Villemagne, comme Membres Sociétaires.

MM. Ch. Bardot, L. Brandon, E. Delafond, P. Desombre, sont reçus comme Membres Sociétaires.

La séance est levée à 11 heures et demie.

Le Secrétaire,
Marcel Delmas.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 20 JUIN 1902

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE

Présidence de M. L. Salomon, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

La Société étant réunie en Assemblée générale, conformément à l'article 17 des statuts, M. L. de Chasseloup-Laubat, Trésorier, a la parole pour la lecture de son rapport annuel sur la situation financière semestrielle. Il s'exprime ainsi :

Messieurs,

Le 30 novembre 1901, les Membres de la Société étaient au nombre de	3 691
Mais votre Comité, dans sa séance du 20 décembre 1901, a dû prononcer, d'office, la radiation de	84
Membres, à compter du 1er décembre.	
Ce qui ramène le nombre des Membres, à cette date, à	3 607
Du 1er décembre 1901 au 31 mai 1902, les admissions ont été de	116
formant un total de	3 723
Pendant ce même laps de temps, la Société a perdu, par décès 30, par démissions 44, net	74
Le total des Membres de la Société, au 31 mai 1902 est ainsi de	3 649
Il a donc augmenté, pendant le semestre, de	42

Cette augmentation, bien qu'un peu supérieure à celle de l'année dernière, est, toutefois, inférieure de plus de 80 à la moyenne des cinq années qui viennent de s'écouler.

Cette diminution que nous signalions déjà l'année dernière, tant à pareille époque qu'en fin d'année, est une preuve presque certaine du malaise dont souffrent non seulement notre industrie, mais celles de tous les pays en général, les États-Unis exceptés.

Ce nombre restreint d'admissions a eu naturellement pour conséquence de diminuer le chiffre de nos encaissements, mais, comme par prudence nous n'avons pas fait état, dans notre projet de budget, de ce chapitre de recettes éventuelles, nous n'éprouvons pas, de ce chef, de mécompte dans nos prévisions.

Le Bilan au 31 mai 1902 se présente comme suit :

L'Actif comprend :

1° Le Fonds inaliénable	Fr.	379 836,85
2° Caisse (Espèces en caisse)		2 458,85
3° Débiteurs divers		68 539,61
4° Prix Henri Schneider { 1902 : 35 000 / 1917 : 25 159 }		60 159 »
5° Emprunt		9 056,40
6° Bibliothèque		11 000 »
7° Immeuble		930 912,04
Total	Fr.	1 461 962,75

Le Passif comprend :

1° Créditeurs divers	Fr.	57 417,65
2° Prix divers de 1902 et suivants		11 304,05
3° Prix Henri Schneider { 1902 : 35 000 / 1917 : 25 159 }		60 159 »
4° Emprunt		600 000 »
5° Coupons échus et à échoir		13 579,30
6° Fonds de secours		3 480,60
	Fr.	745 940,60
Avoir de la Société		716 022,15
Total	Fr.	1 461 962,75

BILAN AU 31 MAI 1902

ACTIF

1° Fonds inaliénable :		
a. Legs Meyer (nue propriété) . . . . Fr.	10 000 »	
b. Legs Nozo.	6 000 »	
c. Legs Giffard.	50 372,05	
d. Fondation Michel Alcan.	3 730 »	
e. Fondation Coignet	4 285 »	
f. Fondation Couvreux	4 857,75	
g. Don anonyme	6 750 »	
h. Legs Roy	873,50	
i. Legs de Hennaü.	96 982,50	
j. Legs Gottschalk.	10 000 »	
k. Legs Huet	67 119 »	
l. Legs Mayer	13 612,50	
m. Legs Faliès	4 742,55	
n. Donation Schneider (Secours).	100 512 »	
		379 836,85
2° Caisse : Solde disponible . . . . Fr.		2 458,85
3° Débiteurs divers :		
Cotisations 1901 et années antérieures (après réduction d'évaluation de 50 0/0)	4 508 »	
Obligations, banquiers et comptes de dépôt . .	62 897,61	
Divers.	1 134 »	
		68 539,61
4° Prix Henri Schneider :		
a. 1902	35 000 »	
b. 1917	25 159 »	
		60 159 »
5° Emprunt :		
a. Valeurs amortissables et abandonnées	6 000 »	
b. Amortissement de l'emprunt	3 056,40	
		9 056,40
6° Bibliothèque : Livres, catalogues, etc.		11 000 »
7° Immeuble :		
Mobilier ancien . . . . Fr.	6 000 »	
Terrain et frais.	369 160,30	
Terrasse	8 868 »	
Maçonnerie, sculpture, marbrerie	150 331,20	
Charpente, fer et bois	114 926,19	
Ascenseur, monte-charges, plancher mobile. . .	1 »	
Canalisation, pavage et divers	11 133,36	
Couverture et plomberie.	26 537 »	
Fumisterie.	27 454,35	
Serrurerie	51 003,73	
Menuiserie, parquets	56 718,69	
Peinture, vitrerie.	30 919,60	
Installation gaz et électricité, appareillage . . .	35 236,08	
Ameublement et matériel.	42 622,54	
		930 912,04
	Fr.	1 461 962,75

PASSIF

1° Créditeurs divers :		
Impressions, planches, croquis, divers travaux en cours . . . . Fr.	1 500 »	
Créditeurs divers.	55 917,65	
		57 417,65
2° Prix divers 1902 et suivants :		
a. Prix Annuel. . . . . Fr.	400 »	
b. Prix Nozo.	684 »	
c. Prix Giffard 1899, prorogé 1902	5 000 »	
d. Prix Giffard 1902	3 000 »	
e. Prix Giffard 1905	628,80	
f. Prix Michel Alcan	184,70	
g. Prix François Coignet	525 »	
h. Prix Alphonse Couvreux	554,40	
i. Prix Gottschalk	327,15	
		11 304,05
3° Prix Henri Schneider		
a. 1902	35 000 »	
b. 1917	25 159 »	
		60 159
4° Emprunt . . . . Fr.		600 000
5° Coupons échus et à échoir :		
N° 6. Échéance du 1er janvier 1899 . Fr.	8,95	
N° 7. — 1er juillet 1899	8,95	
N° 8. — 1er janvier 1900 . . .	65,15	
N° 9. — 1er juillet 1900	83,55	
N° 10. — 1er janvier 1901 . . .	19,85	
N° 11. — 1er juillet 1901	432,70	
N° 12. — 1er janvier 1902 . . .	1 947,40	
N° 13. — 1er juillet 1902	11 012,75	
		13 579,30
6° Fonds de secours . . . . Fr.		3 480,60
	Fr.	745 940,60
Avoir de la Société		716 022,15
	Fr.	1 461 962,75

Avant de passer à l'examen de ces divers articles, nous rappellerons que l'Assemblée générale du 20 décembre dernier a décidé d'amortir immédiatement sur divers comptes, une somme de . . . 164 853,21 *f*
Notre avoir, au 30 novembre 1901, qui était de . . . . . 763 026,96 *f*

a donc été ramené à cette époque à . . . . 598 173,75 *f*

C'est ce chiffre qui doit servir de base pour l'examen que nous allons effectuer.

ACTIF.

Le *Fonds inaliénable* s'est accru d'une somme de 105 254,55 *f* provenant de la réalisation du legs Faliès, pour 4 742,55 *f* et de la donation Schneider, pour 100 512 *f* dont les revenus sont, suivant les volontés des donateurs, affectés à un fonds de secours spécial.

Je ne rappellerai pas, Messieurs, les conditions dans lesquelles cette généreuse donation nous a été faite par la famille de M. Henri Schneider, et que vous connaissez tous.

Je tiens seulement à vous faire remarquer, tout particulièrement, qu'en plus de la somme destinée à récompenser les auteurs d'ouvrages faisant le sujet du concours actuellement ouvert, la plus grande partie de cette donation a eu pour but de nous créer, comme je viens de le dire, un fonds de secours spécial.

En nous procurant ainsi des ressources nouvelles, cette fondation nous permet de venir en aide, d'une façon beaucoup plus large que par le passé, non seulement à nos Collègues, Membres de la Société, mais également aux Ingénieurs ne sortant d'aucune école et qui se trouveraient dans la nécessité de recourir à nous.

Je suis certain d'être l'interprète de la Société tout entière, en adressant, de nouveau, à cette occasion, à la famille de M. Schneider, nos bien vifs et bien sincères remerciements.

Le compte *Caisse*, n'appelle aucune observation.

Au compte *Débiteurs divers*, vous remarquerez que, par suite de la décision de votre Comité, à laquelle nous avons fait allusion au commencement de ce rapport, les sommes nous restant dues, au compte *Cotisations*, sont de près de 10 000 *f* inférieures à celles des années précédentes.

Nous avons ouvert un compte spécial aux *Prix Henri Schneider 1902 et 1917* pour 60 159 *f*. Nous ne sommes, en effet, que les dépositaires de ces fonds qui doivent être affectés à la distribution de prix, suivant les conditions prévues par le règlement dont vous avez eu connaissance (Séance du 16 mai 1902).

Vous trouverez, bien entendu, la contre-partie de ce compte au Passif, sous une rubrique analogue.

L'année 1902 devant marquer le commencement du *Remboursement de notre Emprunt*, nous avons ouvert, à ce chapitre, un compte spécial, s'élevant, à l'heure actuelle, à 9 036,40 *f*. Ce compte comprend : 1° pour 5 000 *f* les obligations de notre Société que, par suite de circonstances spéciales, nous avons rachetées ; 2° pour 2 000 *f* la somme que nous

avons prévue à notre budget en vue de commencer l'amortissement, par voie de tirage au sort, de notre emprunt; 3° et pour 2 056,40 *f* le montant des obligations et coupons qui nous ont été abandonnés avec des affectations diverses.

Il en résulte de ce chef une somme de 3 056,40 *f* disponible pour le remboursement de six obligations. Ce tirage sera effectué dans notre Assemblée générale du 19 décembre prochain.

Toutefois, et sans attendre cette date, nous vous proposerons, d'ores et déjà, de décider que les valeurs dont nous venons de parler (rachetées et abandonnées) seront, dès à présent, considérées comme entièrement amorties, venant, ainsi, diminuer d'autant le solde restant dû sur notre emprunt; il en sera de même pour les valeurs similaires à venir.

Enfin, le compte *Immeuble*, qui s'élevait à 1 095 026,25 *f* au 30 novembre, a été ramené, par décision de notre dernière Assemblée générale, à 930 912,04 *f*.

PASSIF.

Le compte *Créditeurs divers* a subi une légère augmentation provenant :

1° De ce que nos prêteurs n'ont pas touché les intérêts qui leur étaient dus au 1er janvier dernier et que nous avons dû, par suite, conserver par prévision;

2° De l'inscription, à ce compte *Créditeurs divers*, du montant des sommes réservées pour le paiement des six obligations dont le tirage aura lieu, en décembre, comme nous venons de le dire;

3° De l'inscription, à ce même compte, d'une somme de 3 000 *f*, non encore versée, et que nous avons, chaque année, à remettre au Conservatoire des Arts et Métiers depuis 1900, pour notre contribution à l'entretien du laboratoire d'essais organisé par le Ministère du Commerce;

Les comptes *Prix 1902 et suivants, Emprunt, Coupons échus et à échoir*, n'appellent aucune observation.

Vous remarquerez, toutefois, que le compte *Fonds de secours* est créditeur d'une somme un peu plus élevée que celle des années précédentes. Cela provient de ce que nous avons commencé à encaisser les intérêts du fonds spécial Schneider dont nous avons parlé plus haut.

En résumé, l'avoir de notre Société qui avait été, le 1er décembre 1901, ramené à 598 173,75 *f* est, au 31 mai 1902, de 716 022,15 *f*; il a donc augmenté, dans le cours du semestre, de 117 848,40 *f*. Dans cette somme figurent : le legs Faliès, le don Schneider (Secours) et divers, pour 105 754,55 *f*.

La différence, 12 093,85 *f*, représente l'augmentation provenant du résultat de l'exploitation proprement dite du premier semestre.

Mais il ne faut pas oublier, Messieurs, que ce premier semestre présente, toujours, par rapport au second, une bonification sensible, et qu'il n'est pas prudent d'en tirer, par déduction, les résultats du deuxième semestre.

En effet, certaines recettes sont entièrement encaissées dans le pre-

mier semestre, tels, par exemple, les abonnements; d'autres, au contraire, réparties sur l'année entière, subissent, toutefois, dans le deuxième semestre, une certaine diminution. Il est, du reste, tout naturel que des comptes semestriels arrêtés, d'une façon provisoire, au cours d'une exploitation qui se continue, ne puissent donner que des indications pouvant subir, en fin d'année, des modifications sensibles.

M. le Président demande si quelqu'un désire présenter des observations. Personne ne demandant la parole, M. le Président met aux voix l'approbation des comptes qui viennent d'être présentés.

Les comptes sont approuvés à l'unanimité.

M. le Président met ensuite aux voix, conformément aux propositions de M. le Trésorier, la résolution suivante :

« Le montant du compte *Valeurs amortissables* (rachetées et abandonnées) sera immédiatement amorti et passé en déduction du montant de l'emprunt. Il en sera de même pour les valeurs similaires à venir. »

Cette résolution est adoptée à l'unanimité.

M. le Président dit qu'il est certain d'être l'interprête de la Société, en adressant à notre sympathique Trésorier nos vifs remerciements pour le soin et le dévouement qu'il apporte dans la gestion de nos finances. *(Applaudissements.)*

M. le Président rappelle que, dans cette Assemblée générale, il a l'agréable mission de proclamer les noms des lauréats des *Prix Annuel*, *Prix Alphonse-Couvreux* et *Prix Giffard*.

Prix Annuel. — Ce prix a été décerné à M. A. Gouvy, pour l'ensemble de ses travaux et, plus spécialement, son mémoire sur *la Sidérurgie dans l'Oural méridional.*

Dans ce mémoire, publié dans le numéro de mai 1901 de notre *Bulletin*, M. Gouvy ne nous a pas seulement décrit les nouveaux hauts fourneaux des usines d'Awzianopetrowsk, étudiés, construits, puis dirigés par lui. Il nous a fait également connaître les conditions géographiques, géologiques et économiques, auxquelles sont soumis ces hauts fourneaux et nous a montré quelles sont les causes, dont la plus importante est la défectuosité des voies de communication, qui influent défavorablement sur les résultats financiers.

En raison des renseignements précis et nombreux qu'il renferme, le mémoire de M. Gouvy devra être consulté par toutes les personnes qui s'intéressent au développement industriel et commercial de la Russie.

M. le Président remet à notre Collègue la médaille du Prix annuel et le félicite de nouveau. *(Applaudissements répétés.)*

Prix Alphonse-Couvreux (triennal). — Ce prix a été décerné à M. L. Coiseau, Vice-Président, pour son étude sur *les Travaux du port de Bilbao.*

Nul de nous n'a oublié l'intéressante communication faite en 1900 par notre Collègue, M. Coiseau, sur les très importants travaux, qu'en 1888 le Gouvernement espagnol l'a chargé d'exécuter, en collaboration avec nos Collègues MM. Abel Couvreux et Félix Allard.

Le Mémoire, publié dans le *Bulletin* de juillet 1900, ne nous a pas

seulement fait connaître la nature et la difficulté de ces travaux, il nous a indiqué l'organisation des chantiers, les engins nouveaux pour la confection, le transport et l'immersion des blocs de 100 *t*, la disposition et l'emploi de grues Titan de 60 *t*, et surtout l'application de l'électricité pour actionner ces engins, application qui n'avait pas encore été faite à un chantier de travaux publics d'une telle importance. M. Coiseau nous a montré l'économie de temps et de main-d'œuvre réalisée par cette application, économie qui, pour de tels travaux, a plus que des conséquences financières.

Notre Collègue, dans ces travaux de Bilbao, a apporté la grande compétence, l'initiative dont il n'a cessé de faire preuve dans tous ses travaux : en 1866, au canal de Suez, de 1870 à 1876 à la régularisation du Danube, à Vienne; de 1874 à 1877, à l'approfondisssement du canal de Gand à Ternuzen; de 1877 à 1885, des quais d'Anvers; en 1885, à la construction du chemin de fer de Mersina-Tarsus-Adana (Asie Mineure), et en 1886, aux fondations des piles du pont du Forth (Écosse).

Notre Collègue, a ainsi grandement contribué à affermir le bon renom du génie civil français à l'étranger, et notre Société doit lui en être particulièrement reconnaissante et lui souhaiter un complet succès pour ses travaux en cours aux ports de Bruges et de Montevideo (Uruguay).

M. le Président rappele également que M. Coiseau a obtenu, en 1892, le prix François Coignet pour son mémoire sur le pont du Forth, mémoire par lequel il nous faisait connaître les méthodes qu'il avait adoptées pour l'exécution très difficile des piles principales de ce pont.

M. le Président est heureux de remettre à M. L. Coiseau la médaille du Prix Alphonse-Couvreux et lui adresse les félicitations de la Société. *(Applaudissements vifs et répétés.)*

Prix Giffard. — M. le Président dit qu'en 1899 le Prix triennal Giffard ne fut pas décerné et fut prorogé jusqu'en 1902.

Conformément au règlement, la Commission nommée à cet effet a, dans la séance du 1er décembre 1899, fait connaître le sujet du concours tant pour le Prix 1899, prorogé 1902, que pour le Prix 1902.

Les études mises au concours étaient les suivantes :

Prix Giffard 1899, prorogé 1902. — Automobiles sur routes. — Voitures et tracteur publics et particuliers pour la ville et la campagne. (Voyageurs, commerce, camionnage, etc.)

Prix Giffard 1902. — Des machines agricoles et de leur construction en France. — Importance actuelle de cette industrie ; ses produits ; ses principaux centres. Causes qui font obstacle à son développement et favorisent l'importation des machines étrangères. Moyens de remédier à cette situation et progrès à réaliser pour que les agriculteurs français soient munis autant que possible d'un outillage exclusivement français.

Prix Giffard 1899, prorogé 1902. — Plusieurs mémoires ont été reçus et le jury s'est trouvé en présence de deux mémoires tous deux de valeur, écrits à des points de vue différents, et se complétant l'un l'autre, l'un traitant la question posée d'une façon didactique, l'autre résumant les résultats pratiques obtenus.

Le prix a été décerné *ex æquo :*

1° A M. L. Périssé pour son mémoire sur *les Automobiles sur routes* ;

2° A M. L. Turgan pour son mémoire sur *les Automobiles sur routes ;*

M. le Président, en remettant à nos Collègues les médailles du Prix Giffard 1899, prorogé 1902, espère qu'ils voudront bien continuer à nous apporter le fruit de leurs études. *(Applaudissements répétés.)*

Prix Giffard 1902. — Quant au Prix 1902 dont le sujet était : *les Machines agricoles*, il n'a pas été décerné et le jury a décidé de le proroger jusqu'en 1905.

Le sujet de concours sera indiqué, par la Commission nommée à cet effet, dans la séance du 5 décembre prochain, conformément au règlement.

Prix Giffard 1905. — Enfin, en ce qui concerne le Prix Giffard 1905 et conformément à l'article 4 du règlement de ce Prix, le Comité, dans sa séance du 16 mai, a procédé à la nomination de la Commission chargée de déterminer le sujet du concours pour le Prix Giffard 1905.

Cette Commission est composée du Président et des quatre Vice-Présidents, auxquels ont été adjoints MM. Canet et Brüll, anciens Présidents.

La publication du sujet du concours aura lieu dans le courant du mois de décembre de cette année.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 20 JUIN 1902

Présidence de M. L. Salomon, Président.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer à la Société le décès de :

M. N. Hinstin, ancien élève de l'École Centrale (1855) ; Membre de la Société depuis 1865. Ingénieur civil, publiciste.

M. le Président adresse à la famille de notre Collègue l'expression des sentiments de condoléance de la Société.

M. le Président est heureux d'annoncer que :

M. Jules Robert a obtenu les décorations suivantes :

Officier d'académie, Chevalier de l'ordre du Christ du Portugal, Chevalier de l'ordre militaire de la Conception de Portugal.

Ont été nommés :

M. H. Couriot, Commandeur du Dragon d'Annam ;

MM. J. Delaunay et F. Journet, Officiers de l'ordre du Nicham Iftikhar ;

M. de Gennes, Commandeur de l'ordre du Nichan el Anouar ;

M. A. Lencauchez a reçu une médaille d'or de la Société d'Encouragement pour ses travaux sur les dragues, les excavateurs et le matériel de terrassement étudié pour le canal de Suez et le ballastage de la ligne de Gisors à Pont-de-l'Arche, de 1862 à 1868.

M. le Président adresse les félicitations de la Société à tous ces Collègues.

M. le Président dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un prochain *Bulletin*.

M. le Président attire l'attention des Membres de la Société sur un opuscule mentionné dans cette liste.

Il s'agit d'une note rappelant que le 2 juin 1902 a été le vingt-cinquième anniversaire de la mise en service de la *Locomotive Compound*, due à notre collègue M. A. Mallet.

M. le Président saisit cette occasion pour le féliciter bien sincèrement des résultats brillants et du développement considérable que, grâce à son énergie et à son travail, ce système de locomotives présente actuellement.

M. le Président dit que le prochain Congrès Maritime International de l'Association Internationale de la Marine aura lieu, à Copenhague, du 9 au 14 juillet 1902.

L'Assemblée d'automne de l'*Iron and Steel Institute* aura lieu les 3 et 4 septembre 1902, à Dusseldorf.

Les documents relatifs à ces deux avis sont déposés au Secrétariat, à la disposition des Membres qu'ils pourraient intéresser.

M. A. Lencauchez a la parole pour sa communication sur *les Gaz des gazogènes et des hauts fourneaux*.

M. A. Lencauchez rappelle qu'il a proclamé dès 1874, que le haut fourneau était le meilleur gazogène ; aussi tout ce qu'il dira du gazogène s'applique au haut fourneau.

Il parle des gazogènes à grille inclinée, qui empêchent la houille de s'agglomérer comme dans les cuves verticales, et de former des voûtes de coke.

Il parle des gazogènes à cuve cylindrique, où on ne peut employer les houilles à coke, qui collent. Les houilles anglaises à 1/3 de matières volatiles, qui ne collent pas, conviennent le mieux. Il faut que le combustible descende bien dans le gazogène. Les houilles maigres françaises, et les poussières, ont l'inconvénient de se tasser et deviennent impénétrables au vent.

Il cite le cas d'un industriel qui, grâce aux sous-produits du gazogène, a eu intérêt à ne pas brûler le combustible sur la grille des générateurs, bien qu'il perde 25 0/0 du pouvoir calorifique de la houille dans son gazogène (houille à 5 ou 6 *f*.)

L'injection de vapeur dans le gazogène donne généralement des avantages : réduction de la température, cendres moins fusibles, pas de mâchefer. Mais il ne faut pas faire de règle générale, tout dépend de la composition des cendres, d'où dépend la proportion de vapeur à injecter.

Lorsqu'un gazogène a une combustion anticipée et une température trop élevée, le jet de gaz présente à la vue un cône rouge dans le cône de gaz d'échappement. Dans ce cas la marche est mauvaise, le rendement du gazogène détestable.

En bonne marche, l'échappement de gaz est froid. Avec de l'anthracite, la température du gaz est 330°, inférieure à la fusion du plomb. Le combustible dans le gazogène paraît noir avec des tâches rouge sombre. Les récupérateurs ou vaporisateurs n'utilisent pas beaucoup de chaleur des gaz sortant d'un gazogène bien mené, vu leur température peu élevée.

Il y a deux types de gaz à l'eau qui se forment, savoir :

(à 850°) $C + HO = CO + H = -$ (15 calories).

(à 900°) $C + O = CO. \quad = +$ (14 calories).

Ceci est théorique, car le gazogène donne toujours au moins 2 à 3,0/0 d'acide carbonique.

On peut arriver sensiblement à brûler une moitié du combustible par l'eau, et l'autre moitié par l'air.

Mais on obtient aussi :

$$C + 2HO = CO^2 + 2H \begin{cases} \text{vers } 500^\circ = 2,0/0 \text{ de H.} \\ \text{vers } 650^\circ = 40,0/0 \text{ de H.} \\ \text{vers } 700^\circ = 65,0/0 \text{ de H.} \end{cases}$$

Pour les moteurs à gaz, ceci a son importance, car il y a toujours des irrégularités de marche du gazogène, ne serait-ce que par les éboulements de la masse incandescente, et les gaz n'ont jamais une composition théorique. Les variations peuvent aller de 1 200 à 1 500 calories, trois fois par heure, chaque fois qu'on charge. L'emploi de la vapeur donne un gaz bien plus régulier, et Mond emploie jusqu'à 2,5 *kg* d'eau par kilogramme de houille et son gaz a gagné près de 20 calories de puissance calorifique par rapport aux gazogènes antérieurs.

Il y a, en outre, intérêt à avoir une production d'acide carbonique par l'emploi de la vapeur d'eau, plutôt que par l'action de l'air, qui amène avec lui quatre volumes d'azote inerte.

Il vaut mieux surchauffer la vapeur à 250°. Avec du coke qui ne donnerait que du gaz à 950 calories à sec, l'emploi de la vapeur d'eau donne 1 400 calories et elle produit un gaz plus froid et plus riche.

Les goudrons de gazogène ont beaucoup surpris il y a deux ans un grand nombre de praticiens. Ils contiennent la cendre, et la poussière du charbon, entraînées par les ventilateurs, agglomérées par les parties lourdes du goudron. Il se forme alors des incrustations, même dans l'eau des laveurs ; elles sont aussi dures que celles des chaudières à vapeur.

Dans la colonne de condensation, il se dépose généralement 95 0/0 du goudron avec une houille ordinaire. La condensation par jeu d'orgue, soit à sec, ne donne rien. L'orateur cite le cas d'un jeu d'orgue de 60 m^2 de surface, à Lille, un jour où il gelait, et qui ne condensait pas une trace de goudron. Au contraire, on peut se débarrasser du goudron par des lavages à l'eau chaude.

La cendre entraînée peut contenir jusqu'à 35 0/0 de monosulfure

de fer. Pour faire de l'acier, avec les gaz, il faut donc bien les épurer.

Le gaz entraine souvent jusqu'à 100 *g* de poussière de haut fourneau ; il en laisse 97 *g* dans les chambres de dépôt par mètre cube ramené à 0°, et à 760; les 3 0/0 qui restent s'appellent le sublimé.

Ce sublimé contient : magnésie, chaux, potasse, soude, plomb, zinc, cadmium, oxyde de fer.

Il est onctueux, blanc et échappe aux lavages à l'eau, ou bien alors il faut cinquante lavages successifs. L'eau le mouille difficilement. Il a fallu jusqu'à 25 *l* d'eau par mètre cube pour une épuration passable.

Avec des ventilateurs donnant une pression de 25 *cm* d'eau, la vitesse de l'eau est de 60 *m* à la seconde, équivalant à une charge de 180 *m* de hauteur, et le contact de l'eau est assez violent pour mouiller le sublimé. On ne consomme alors que 2 *l* par mètre cube.

L'orateur parle des moteurs à gaz. Les soupapes se collent souvent par les goudrons. Certains charbons de la même mine en donnent, alors que la veille la même provenance n'en donnait pas.

Les anthracites ne donnent guère que 3 *kg* de goudron par wagon de 10 *t*. Cela suffit pourtant pour arrêter un moteur. L'orateur a combattu ce goudron avec un graisseur de locomotive, chargé de pétrole, devenant ainsi un dégoudronneur.

On a quelquefois à épurer jusqu'à 50 m^3 de gaz de hauts fourneaux à la seconde; on utilise alors des tuyaux de 2,50 *m* de diamètre. Pour économiser l'eau, il faut des bassins de décantation et de refroidissement.

L'orateur rappelle la dissociation des goudrons obtenue en les faisant passer sur des matières poreuses chauffées à 800° : les gaz sortent alors complètement épurés.

Il rappelle le gazogène d'Ebelmann à deux combustibles, de 1,80 *m* de hauteur, qui brûlait 176 *kg* de bois en dix heures et 15 *kg* de charbon de bois. Ebelman insistait sur la destruction complète des goudrons.

L'orateur parle du *moteur à combustion*. Il n'a pas réussi. Cependant, on lui avait trouvé au frein une consommation de 800 *g* d'anthracite par cheval et par heure. Puis on eut l'idée de mettre le gazogène sous la pression à laquelle il fallait que le mélange explosif soit comprimé. Le moteur a marché trois mois, puis a grippé, les poussières l'ont détruit. Mais, auparant, il marchait très bien. Si donc on avait enlevé les poussières, le moteur eût été très intéressant.

L'orateur montre ensuite une série de projections de gazogènes, de laveurs, épurateurs, de récupérateurs.

M. Chavanon dit qu'il a expérimenté deux types du gazogène à cuve renversée, d'environ 100 *ch*. Comme il donna satisfaction, il fut remplacé par un autre de 250 *ch*. Ce dernier fut muni d'un dégrilleur automatique. Il fut essayé à la houille, et même à la houille grasse, mais on n'a pas encore les chiffres de consommation.

En chauffant au bois, on a obtenu le kilowatt-heure, avec 2,500 *kg* de bois, tous déchets compris. M. Chavanon donne les chiffres d'analyse des gaz produits.

M. le Président dit que MM. Le Chatelier et Lodin, Ingénieurs en chef des Mines et Professeurs à l'École des Mines auxquels le travail de

M. Lencauchez a été communiqué, ont bien voulu nous remettre deux notes écrites à ce sujet et qui sont déposées aux archives (1).

(1) M. H. Le Chatelier croit utile de faire quelques réserves au sujet de l'usage constant où l'on est, et auquel s'est conformé M. Lencauchez, de prendre le pouvoir calorifique au mètre cube d'un gaz de gazogène pour apprécier la bonne marche de l'appareil qui le produit.

En réalité la grandeur qu'il est intéressant de considérer n'est pas le pouvoir calorifique au mètre cube, mais le pouvoir calorifique rapporté au nombre de mètres cubes que fournit 1 *kg* de charbon.

Mais le rendement thermique n'est pas le seul point à envisager au point de vue de l'appréciation d'un gaz.

Dans le cas des moteurs, il y a une qualité d'une importance capitale, c'est la facile inflammation du gaz, et la rapidité de sa combustion.

Cette limite d'inflammabilité des gaz est une des grandeurs dont on doit se préoccuper pour estimer la qualité d'un gaz.

En résumé, M. Le Chatelier pense que pour apprécier la qualité du gazogène il ne suffit pas de connaître son pouvoir calorifique au mètre cube. On doit déterminer les deux grandeurs suivantes :

1° Le pouvoir calorifique rapporté au volume de gaz produit par 1 *kg* de combustible ;

2° L'écart entre la proportion du gaz donnant la limite d'inflammabilité et celle donnant la combustion complète.

Mais il ne faut pas oublier que ces deux déterminations présentent des difficultés sérieuses. La connaissance du volume de gaz produit par 1 *kg* de charbon et celle de la quantité d'air nécessaire pour la combustion complète nécessite l'analyse du gaz et ces analyses sont beaucoup plus délicates qu'on ne le croit communément. Il est très rare d'avoir une analyse exacte de gaz de gazogène ; le plus souvent, une partie de l'oxyde de carbone est comptée comme méthane, ce qui augmente beaucoup les chaleurs de combustion calculées, car celle du méthane est le triple de l'oxyde de carbone.

M. Lodin étudie plus spécialement la question de la condensation des poussières, question qui commence à se poser aujourd'hui seulement dans l'industrie sidérurgique, mais qui a été soulevée depuis longtemps déjà, dans la métallurgie des métaux autres que le fer.

Il examine, à ce sujet, la façon d'opérer cette condensation dans la métallurgie du mercure, du plomb, de l'antimoine et du zinc, soit par circulation à sec dans un système de canaux et de chambres d'un développement suffisant, soit par entraînement par l'eau.

La pulvérisation d'eau par injection dans un ventilateur, par exemple, était utilisée à Pontgibaud dès 1850, pour la condensation des fumées plombeuses ; elle l'a été à nouveau, en 1879, à Billancourt pour la condensation des fumées antimoniales, et dans une usine de Lorraine pour la purification des gaz des hauts fourneaux.

L'abandon à peu près général de la condensation par voie humide, dans les usines à plomb, antimoine, etc., doit être attribué surtout à la destruction rapide des pièces métalliques et même des maçonneries, sous l'action simultanée de l'eau et de l'acide sulfureux qui existe presque toujours, en proportion variable, dans les gaz provenant des fours de ces usines. La même influence ne se fera pas sentir dans un milieu non oxydant, tel que le gaz des hauts fourneaux, mais on doit prévoir une usure active sous l'action des poussières un peu grossières, si celles-ci n'ont pas été préalablement séparées d'une manière complète par précipitation à sec.

Les résultats obtenus avec l'appareil Theisen ne sont pas très encourageants à ce double point de vue et imposent, par suite, une réserve toute spéciale.

M. Lodin signale également les inconvénients inhérents à la mise en dépression accentuée d'une section importante de la conduite de gaz combustible et les risques d'explosion résultant de cette situation. Il est à craindre que les dispositions ingénieuses proposées par M. Lencauchez n'y remédient qu'imparfaitement.

M. Lencauchez répond que le rendement thermique des combustibles en gaz de gazogènes se trouve indiqué dans ses ouvrages de 1876 et 1878 comme dans ses mémoires à la Société des Ingénieurs civils de France de 1887, 1891, 1892 et 1899 : dans ce dernier, se

M. le Président remercie M. Lencauchez de nous avoir apporté le fruit de ses études en nous fournissant un mémoire très nourri et documenté.

Il remercie également les Ingénieurs qui ont bien voulu nous communiquer leurs observations à ce sujet.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. J.-H. Capeyron, V.-A. Godinet, G.-F. Imbault, L.-E. Labarre, L.-Ch. Pelletier, I. Reiss, Ed.-P. Ribal, comme Membres Sociétaires, et de :

M. G.-Th. Bouton comme Membre Associé.

MM. P.-G. Debesson, M. Le Las, Ch.-E. Pinat, A. Sée, A.-E. Stern, F.-M. Villemagne sont reçus Membres Sociétaires.

La séance est levée à 11 heures un quart.

Le Secrétaire,
Marcel Delmas.

trouvent deux diagrammes donnant un graphique justifiant les idées de M. Le Chatelier, fig. 1, page 780 (*).

En ce qui concerne ce que dit M. Lodin pour toutes les autres métallurgies que celle du fer, M. Lencauchez croit devoir ajouter qu'avec les chambres et les empilages en grès cimenté, lié et maçonné au mortier de goudron, on fait de la construction qui résiste très bien aux acides. L'exemple de M. Mond le prouve bien. A Berlin, il y a une fabrique de ventilateurs en porcelaine, qui donne de très bons résultats. Il en est de même dans beaucoup d'usines de produits chimiques, etc.

Quant à l'usure des ventilateurs-laveurs et aux dangers d'explosion, ni l'une ni l'autre ne sont à redouter ; l'exemple de l'usine de Saint-Denis de la Compagnie Française des Métaux, est là depuis dix-huit ans pour le faire voir comme dans toutes les usines à gaz d'éclairage ; les explosions ne sont jamais à craindre, avec des régulateurs d'émission tels que ceux indiqués par M. Lencauchez et existants dans toutes les usines à gaz depuis 50 ans.

(*) Mesuré au compteur, à la Buire (Lyon), en 1888, et vérifié à Paris, en 1891, à la Raffinerie C. Say.

RECHERCHES, ÉTUDES, OBSERVATIONS ET ESSAIS

SUR LA

PRODUCTION DES GAZ DES GAZOGÈNES ET DES HAUTS FOURNEAUX

sur leur épuration et leur emploi

PAR LES MOTEURS A GAZ

PAR

M. A. LENCAUCHEZ

PRÉFACE

Le chauffage par les gaz a fait de grands progrès depuis cinquante ans, dans un grand nombre d'industries; principalement en métallurgie et en verrerie, soit par l'emploi des gaz des hauts fourneaux au chauffage du vent et à la production de la vapeur, soit par la production d'un gaz, s'en rapprochant beaucoup, dû à la transformation des combustibles solides en gaz combustibles dans des gazogènes remontant à l'époque de l'illustre Ebelmen, soit encore par l'utilisation des gaz naturels, comme dans l'Amérique du Nord.

Jusqu'ici pour obtenir directement du gaz combustible, des combustibles solides, on prit ceux qui aux gazogènes se comportaient le mieux, c'est-à-dire ceux qui donnaient de bons gaz avec le minimum de main-d'œuvre et de dépenses en frais de premier établissement : en d'autres termes, pour faire artificiellement des gaz combustibles, on a cherché les plus commodes à produire, en écartant, pour leur production, tous les combustibles rebelles pour donner la préférence à ceux qui se gazéifiaient pour ainsi dire d'eux-mêmes, et, souvent en les payant plus cher que d'autres réclamant beaucoup de labeur, pour donner, avec les moyens connus, des gaz médiocres ou mauvais, alors même qu'ils étaient d'un extrême bon marché.

Mais à présent, le développement de toutes les industries, dans un grand nombre de pays, ne possédant pas ces combustibles commodes, de choix et bon marché de l'Angleterre et de

l'Écosse, force donc, dans ces nouvelles contrées industrielles, à trouver les moyens d'utiliser les combustibles que l'on a sur place; tels que les lignites, les tourbes, les anthracites et certaines houilles de très médiocre qualité.

Enfin, dans ces derniers temps, la construction des moteurs à gaz a fait de très grands progrès et les nouveaux moteurs de la puissance de 500 à 2 000 *ch* effectifs sont devenus pratiques (1) et ont démontré qu'ils utilisaient beaucoup mieux le calorique que les machines à vapeur les plus perfectionnées ; soit avec un rendement thermique double, donc en faisant une économie *théorique* de 50 0/0 sur les meilleures machines à vapeur. Ici, je dis une économie théorique de 50 0/0, parce que dans la pratique, l'économie en argent est souvent nulle; le combustible réclamé par les moteurs à gaz coûtant le double de celui dont les machines à vapeur s'accommodent très bien; de sorte que si l'on veut que le moteur à gaz soit un rival heureux de la machine à vapeur, il faut lui donner du gaz à bon marché, qui soit donc fait avec les mêmes combustibles que ceux consommés par les chaudières des machines à vapeur.

Ayant rédigé des mémoires divers, depuis 1872, sur la production des gaz combustibles et sur leur emploi, ainsi que trois ouvrages en 1876, 1878 et 1899 sur le même sujet, je crois aujourd'hui devoir les compléter, par l'étude des moyens pratiques, permettant l'emploi des combustibles courants, dans diverses localités, pour donner de bons gaz à bon marché, pour le chauffage comme pour la force motrice; car depuis deux ans et demi, je me suis trouvé aux prises avec une foule de difficultés variées (dues à la hausse exagérée des combustibles), qui m'ont forcé à étudier un grand nombre de cas particuliers inconnus jusqu'ici; lesquelles ainsi que les moyens de les vaincre, feront le sujet principal de cet ouvrage.

Paris, le 1er mai 1902 (2).

(1) Par lettre en date du 18 avril 1902, M. Greiner, directeur général de la Société J. Cockerill, à Seraing (Belgique), m'informe qu'en février prochain il aura en marche un moteur de 2 500 *ch* effectifs.

(2) Ce mémoire a été commencé le 23 décembre 1900.

RECHERCHES, ÉTUDES, OBSERVATIONS ET ESSAIS

SUR LA

PRODUCTION DES GAZ DES GAZOGÈNES ET DES HAUTS FOURNEAUX

sur leur épuration et leur emploi

PAR LES MOTEURS A GAZ

PAR

M. A. LENCAUCHEZ

SECONDE PARTIE (1)

§ 1er. — Des gazogènes en général du type dit carré.

Ces appareils, aujourd'hui les plus répandus en France, tendent à disparaître d'Écosse, d'Allemagne et d'Angleterre, ainsi que des États-Unis de l'Amérique du Nord; plus loin je ferai connaître pour quelles raisons il en est ainsi. Les gazogènes du type carré forment deux variétés, la première est à parois verticales sur ses quatre faces, avec un petit étalage sur sa grille (2). Cette variété convient très bien pour le coke, l'anthracite et les houilles maigres anthraciteuses dépoussiérées; elle donne avec ces combustibles du gaz variant depuis 1 150 calories au mètre cube ramené à 0° et à 760, jusqu'à 1 500°. Une de ses meilleures applications se trouve dans les usines à gaz d'éclairage où four, gazogène et récupérateur ou accumulateurs, ne font *qu'un seul bloc;* donc ne donnant lieu qu'au minimum de déperdition de calorique par rayonnement des parois, qui sont réduites au minimum de surface en parement extérieur; depuis 1873 et 1878, on supprime généralement la récupération pour le gaz, celui-ci entrant directement dans les fours à la température rouge, qu'une inu-

(1) La première partie fait l'objet des deux mémoires de l'auteur en mai et juin 1899 : voyez les Bulletins de la Société des Ingénieurs civils de France ou la brochure du même auteur, chez Bernard Tignol, éditeur, 53 *bis*, quai des Grands-Augustins, à Paris.

(2) Voir : Société des Ingénieurs civils, *Bulletin* de mai 1899 (*fig.* 2, § *8*, *fig. 29 et 30*, § 22 *et Pl.* 216) et Bernard Tignol, éditeur, 53 *bis*, quai des Grands-Augustins, à Paris.

tile récupération ne saurait lui faire dépasser. Les gazogènes de cette variété marchent généralement à l'air libre et, quand ils sont soufflés, la pression donnée au gaz ne varie qu'entre 0,002 *m* et 0,005 *m* de colonne d'eau au maximum; sans quoi, par diffusion, la perte de gaz devient très grande, en donnant lieu à tous les dangers occasionnés par l'oxyde de carbone; mais la pression du vent dans les cendriers de ces gazogènes, lorsqu'ils sont encrassés de mâchefers et de poussiers collés par ceux-ci, peut monter à 0,015 *m* et même 0,050 *m* d'eau, sans que la pression du gaz réglée par le régulateur (*fig. 19 à 23, Pl. 216* du mémoire cité ci-dessus), à 0,002 ou 0,003 *m*, etc., puisse varier (une fois fixée pour toutes) de plus de 1/5 de millimètre d'eau. Donc ces gazogènes ne doivent pas se classer dans la catégorie des appareils souffles à pressions élevées, comme par exemple à 0,200 *m* et à 0,350 *m* d'eau pour les moteurs à gaz, auquel cas tout le gaz produit passerait par les fuites et diffusion à travers les parois desdits gazogènes, au point que pas trace de gaz n'irait aux fours, si la conduite avait une longueur seulement de quelques mètres et, d'un autre côté, la marche des fours ordinaires sous de telles pressions, est matériellement impossible. La seconde variété est, extérieurement, presque semblable à la première, avec ses portes de cendrier, etc., mais elle est à plan incliné, dit de distillation (voyez *fig. 31 et 32, Pl. 217, fig. 14 à 18*, du même mémoire de 1899). Comme le fait voir la figure 31, le combustible tombe sur le plan incliné, où les houilles dites flénues ou longues flammes, ou les mélanges de ces houilles gazeuses (à 30 et 36 0/0 de matières volatiles), avec des houilles maigres et à coke, soit 16 à 24 0/0 de matières volatiles (entrant en petite quantité dans le mélange, qui est souvent celui-ci, 3/5 de flénu, 1/5 de houille maigre dite anthraciteuse et 1/5 de houille à coke, généralement en gros poussier) qui distillent en formant un coke très poreux et très léger qui se casse et se divise au moindre coup de crochet (en forme de flèche-harpon), que les chauffeurs refoulent sur la grille pour bien la garnir et éviter les voûtes ou chambres de coke, sous lesquelles le gaz brûle en pure perte; soit par combustion anticipée, les fours ne recevant plus alors que de la fumée.

Dans les mélanges, il faut mettre toujours une quantité de houille maigre anthraciteuse assez grande, pour s'opposer à la formation de coke dur et dense, que la flèche-harpon ne pourrait plus facilement diviser et briser, auquel cas le gaz serait

perdu, soit brûlé dans le gazogène sous les voûtes de coke. C'est ici le cas de faire remarquer que les meilleures houilles à coke, entre 18 et 26 0/0 de matières volatiles, qui donne le coke dur et dense recherché pour les hauts fourneaux, employé seul au gazogène, est bien le plus détestable combustible que l'on rencontre, donnant au prix d'un grand labeur un très mauvais gaz et souvent encore plus de fumée (gaz brûlés) que de gaz combustible. Les gazogènes à plan incliné distillateur, pas plus que ceux de la variété précédente ne peuvent donner de gaz que sous la très faible pression de 0,001 *m* à 0,003 *m* de colonne d'eau.

Le gaz de cette seconde variété de gazogènes sort relativement froid de ces appareils, en donnant beaucoup de goudron et d'eau ammoniacale, qui sont retenus dans des syphons spéciaux (1) : plus un gaz donne de goudron, meilleur il est; le goudron est l'indice d'une bonne marche. Le gaz sortant des gazogènes entre 200° et 400° au plus, avec un écoulement abondant de goudron sans trace de noir de fumée (ou suie), qui est au contraire l'indice de la combustion anticipée, soit de la production de mauvais gaz, avec remplissage et encombrement des conduites de gaz par la suie. Je pourrai citer plusieurs exemples d'installations, pour la marche à la houille gazeuse, où par suite de l'inexpérience du personnel, on produisait de très mauvais gaz en marchant à haute température, donc en brûlant une partie du gaz dans les gazogènes et en remplissant en trois à quatre jours, de suie et de noir de fumée des tuyaux de 2 *m* de diamètre, rarement on pouvait faire la semaine sans arrêter. Sans aucune modification aux appareils de l'installation, mais seulement en faisant *préalablement* un bon mélange des combustibles cités ci-dessus, on obtenait un très bon gaz avec production de goudron et d'eau ammoniacale, sans trace apparente de noir de fumée, au point qu'au lieu de mal marcher quatre jours pour arrêter, encombré par la suie, on a pu marcher une année entière sans aucun arrêt et, quand au bout d'un an on a visité et nettoyé les conduites de gaz, on n'y a trouvé que quelques centimètres d'épaisseur de suie et de noir de fumée. Cette bonne marche s'est traduite par des économies de 20, 25 et 30 0/0; ce qui s'explique bien, puisque le gaz n'était plus brûlé dans ses gazogènes.

(1) Voir *Bulletin* de mai 1899 (*Pl. 217, fig. 15 et 17*).

Il y a un moyen bien simple de savoir si un gazogène marche ou ne marche pas bien, car, sans analyse, il suffit d'ouvrir un trou de piquage, pour savoir si le gaz brûle ou ne brûle pas dans ce gazogène. Si le gaz est bon, il sort incolore, si le gazogène est chargé de coke, d'anthracite et de houille anthraciteuse, et si c'est de houille gazeuse qu'il est chargé, le gaz sort plus ou moins bleu-noir, suivant que la houille est plus ou moins gazeuse : mais si le gaz est mauvais, brûlé plus ou moins en partie ; on voit un dard rouge, comme l'indique la figure 1 en *aa'* ci-contre, qui n'est que la continuation de la combustion anticipée ; si on met le feu en *a'* le gaz brûle complètement et le dard rouge est absorbé par la flamme : si l'allure est très chaude au bout de une à deux minutes, sans allumer la sortie de gaz, on entend un pouf et le gaz flambe, alors le dard rouge *aa'* disparaît à la vue de l'observateur. Mais si un gazogène est chargé de houille gazeuse et bitumineuse, le jet de gaz est toujours très noir foncé de *b* en *b'* (*fig. 1*) sans le dard central *aa'* (1). Et, avec la combustion anticipée, l'observateur voit nettement un grand dard noir avec un noyau central rouge ou petit dard, qui n'a au plus que la moitié de la hauteur du dard noir : plus le dard rouge est haut plus la combustion anticipée est grande. Si on met le feu au dard noir, le tout brûle et le dard rouge disparaît, comme je l'ai dit plus haut.

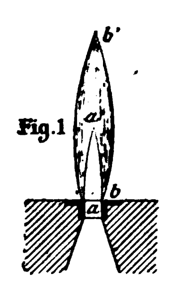


Fig. 1

On peut conclure de cet essai (ouverture d'un trou de piquage), que si le gaz est bon et aussi parfait que peut être celui d'un gazogène, le dard *bb'* est incolore avec l'anthracite et le coke, et noir plus ou moins foncé avec les houilles plus ou moins gazeuses, *toujours sans dard rouge central*. Mais dès que l'on voit le dard rouge, on peut être certain que le gaz brûle dans son gazogène, par combustion anticipée et intempestive ; que cette combustion est d'autant plus grande, que le dard rouge est haut et quand la combustion est presque complète, le dard rouge arrive à la hauteur de *b'*. Ce qui permet de dire, que la perte en gaz brûlé par anticipation intempestive est proportionnelle à la hauteur du cône rouge du dard ; or avec la présence de 5 à 6 0/0 d'acide carbonique CO^2 dans le gaz, le gaz rouge est déjà très apparent.

(1) Donc sans combustion anticipée.

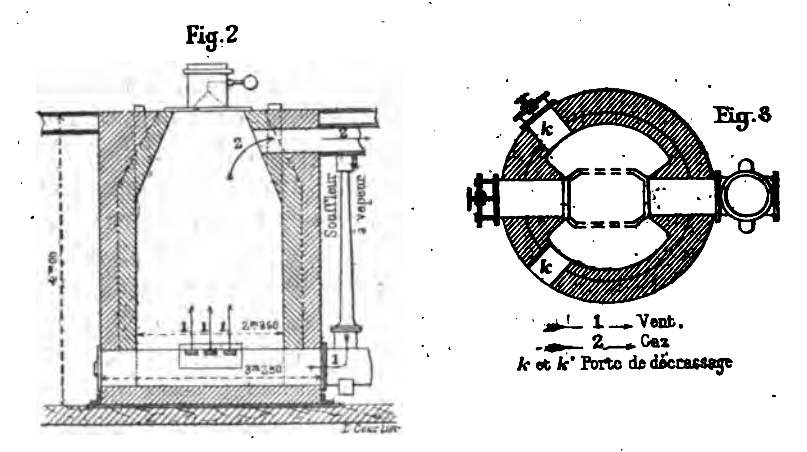
Le gazogène (*fig. 2*, § 8) de mon mémoire de mai 1899 cité plus haut), sans plan incliné, peut convenir à tous les combustibles ne donnant pas de voûte de coke : donc les lignite, tourbe et bois pourront être utilisés par cet appareil. Mais comme ces combustibles sont très légers et que pour une même gazéification par heure pour un même poids utile, ils doivent consommer un volume deux, trois et même quatre fois plus considérable; il est donc nécessaire d'augmenter la capacité de l'appareil, afin qu'il puisse renfermer sous un plus grand volume le même poids utile en activité; de là, une augmentation des étalages (*fig. 2 et 30*, § 22) (1) avec une augmentation de hauteur, qui de 4 *m* à 4,500 *m* doit être porté à 6 et même 7 *m*, dans certains cas. Comme ces combustibles descendent très bien et que les voûtes de coke ou charbon ne sont pas à craindre, on peut donc les charger jusqu'au refus du gueulard; mais comme lesdits combustibles peuvent renfermer depuis 20 jusqu'à 40 0/0 d'eaux de constitution et hygrométrique réunies, il est bon de les débarrasser d'une grande partie de cette eau, par un moyen simple, qui est celui indiqué en L, M, N, S (*fig. 2*, § *8*) (1), où un condenseur L reçoit le gaz et la vapeur d'eau par un tuyau M, puis, après condensation, le gaz seul retourne par le tuyau N au gazogène, alors que l'eau de condensation s'écoule par le tuyau S pour être évacuée : par ce moyen on débarrasse donc le combustible de son eau en excès, dans les parties hautes du gazogène où elle ne peut être que nuisible, en produisant un refroidissement fâcheux, qui aurait pour effet de s'opposer au passage de l'acide carbonique à l'état d'oxyde de carbone $CO^2 + C = 2CO$, réclamant au moins la température de 830°, en pratique de 850° à 900°, avec absorption 19 calories par équivalent de carbone, soit 3 165 calories par kilogramme de carbone; d'où il suit qu'il faut à l'échappement des gaz une haute température leur apportant les 19 calories qu'ils réclament pour sortir de leur générateur (gazogène) avec le minimum pratique de CO^2 soit 3 à 4 0/0 (2).

(1) *Bulletin* de mai 1899.

(2) Ici, par sortie du gazogène, il faut comprendre non l'échappement de cet appareil, mais de la zone à 850°, donnant $CO^2 + C = 2\,CO$, pour tomber le plus rapidement possible dans celle à 500° et au-dessous, afin d'éviter en trop grande abondance, la production de $C + 2\,HO = CO^2 + 2H$, qui met dans le gaz une trop grande quantité d'acide carbonique. Comme l'eau peut être chassée du gazogène entre les températures de 100° à 400°, c'est ce qu'il faut provoquer par tous les moyens possibles, de façon que le combustible soit privé d'eau pour passer de 900° à 500°.

§ 2. — Des gazogènes cylindriques dits à cuve, avec enveloppe en tôle et fermetures hermétiques.

a. Les variétés des types de ces appareils sont des plus nombreuses et remontent à Ebelmen, soit à plus de cinquante-huit ans; mais ils ne sont guère entrés dans la pratique qu'il y a vingt-six ans en Angleterre et en Écosse, puis il y a quinze et dix ans en Allemagne et en Belgique, on en compte très peu en France. Ces premiers gazogènes de 1875 étaient dus à M. Alfred Wilson, ils sont généralement coniques et soufflés au centre par un jet de soufflerie à vapeur. Voici leur disposition générale (*fig.* 2 et 3). Ils ont généralement 4 *m* de haut, 3,250 *m* de diamètre extérieur, 2,350 *m* de diamètre intérieur.



Avec des houilles ultra-gazeuses comme les splint-coal et non collantes, les gazogènes Wilson vont bien, en donnant un gaz très ordinaire, suffisant dans beaucoup de cas.

Avec les houilles collantes grâce au soufflage central, on fait encore des gaz passables, à la condition de piquer continuellement la charge, pour briser le coke au fur et à mesure qu'il se forme : C'est un travail très pénible et très incommode, il faut des ouvriers comme on en trouve en Belgique pour y tenir. Mais, pour faciliter le travail, en Allemagne comme en Belgique, on fait préalablement, avant de charger les gazogènes, un mélange intime de 2/5 de charbon très gazeux, 2/5 de charbon maigre dit anthraciteux et de 1/5 de charbon demi-gras à 13 ou 15 0/0 de matières volatiles; avec ce mélange, la marche est

assurée avec beaucoup de travail de piquage des charges, auquel j'ajoute celui de l'enlèvement des cendres scorifiées dont je parlerai plus loin.

Depuis quinze ans, une multitude d'inventeurs ont fait des gazogènes Wilson, sans grille comme M. Wilson, et avec des grilles diverses variées, telle, par exemple, que celle que l'on trouve dans mon ouvrage : *la Tourbe* (1), où, planche 9, on voit le dessin de cette grille, et page 67, § 39 *bis*, sa description. Presque tous les gazogènes Wilson et dérivés sont soufflés au jet de vapeur.

Depuis quelque temps, certains inventeurs soufflent leurs gazogènes au ventilateur, puis font une addition dans le vent d'un jet de vapeur, de façon à avoir du vent sec exclusivement ou aussi chargé de vapeur qu'on le veut, facultativement et à volonté. Mais, pour que ce soufflage soit bien pratique, il faut que le vent, comme la vapeur, au moyen de régulateurs et de détendeurs, soient l'un et l'autre maintenus à des pressions constantes; de plus, les robinets, vannes ou valves qui donnent le vent et la vapeur doivent être à ouvertures paraboliques manœuvrées par vis, de façon à donner rigoureusement, sans erreur, les quantités de vent et de vapeur qu'une marche déterminée de gazogène réclame. Tel était mon premier gazogène d'Hayange, en 1865 et 1866. Plus loin, je ferai voir pourquoi, dans certains cas, ce genre de soufflage s'impose.

Avant de quitter ce sujet, il est bon d'ajouter que, dès 1868-1869, Teissié du Motay avait construit des gazogènes presque semblables à ceux de M. Wilson, mais généralement plus hauts; ceux d'Hayange, de cette époque, marchent toujours. C'est ce type de gazogènes qui servit à Teissié pour faire son gaz à l'eau en 1872, en les accouplant deux par deux. J'en parlerai plus loin, car plus de vingt sous-inventeurs ont produit une foule de dérivés des générateurs Teissié pour la production du gaz à l'eau.

b. Un américain, M. Taylor, a imaginé un gazogène, vers 1885, à grille rotative et à injection centrale de vent dû à une soufflerie à vapeur, qui s'est très répandu en Amérique et en Angleterre, d'où il disparaît pour être remplacé par le gazogène à cendrier à joint hydraulique. Ici, je dois faire remarquer que M. Marlant, directeur, en 1880, des Forges de Bacalan (à Bordeaux), a fait

(1) Bernard Tignol, éditeur, 53 *bis*, quai des Grands-Augustins, à Paris.

breveter un générateur de gaz semblable, dont j'ai vu les dessins, mais qui, je crois, n'a jamais été construit par son inventeur. Le gazogène Taylor, soufflé à la vapeur, marche bien avec les houilles *non collantes*, les anthracites, les houilles anthraciteuses et les cokes, si leurs cendres ne sont pas fusibles avec le soufflage à la vapeur, car, autrement, sa grille rotative est impuissante à briser les blocs de machefer qui se forment dans la partie supérieure de cet appareil, lesquels finissent par former une voûte des plus solides, le mettant hors de service en deux ou trois jours.

c. Depuis quelques années, il se construit, en Angleterre et en Écosse, un grand nombre de gazogènes à cendrier à joint hydraulique. En Allemagne, un grand nombre de sous-inventeurs en ont imaginé des variétés infinies. Tous ces appareils sont soufflés à la vapeur.

Le principe sur lequel ils reposent est le même que pour les gazogènes Taylor et dérivés, qui est de brûler (gazéifier) le combustible sur un lit de crasses ou cendres, que l'on retire au fur et à mesure que ce lit monte, et qui peut varier entre 0,200 *m* et 0,600 *m* au-dessus du plan d'eau. Au moyen d'une pelle-drague, d'un crochet et d'une raclette, on enlève les cendres et crasses à volonté, au fur et à mesure de leur formation; de sorte que les gazogènes se décrassent et se nettoient sans arrêt; ce joint hydraulique qui doit faire équilibre à la pression du vent, plus 0,050 *m* à 0,100 *m* d'eau comme sécurité, afin de ne pas perdre ledit vent : dans ce type de gazogènes, qui ne peut, de même que les précédents, bien marcher qu'au coke, au charbon maigre non collant, à l'anthracite, au lignite, à la tourbe, au bois et à leurs mélanges, on peut citer ceux de M. Mond (1), Les dessins des gazogènes et appareils de M. Mond ont été donnés par un grand nombre de publications; on les trouve encore dans l'ouvrage de M. le docteur Aimé Witz : *Traité théorique et pratique des moteurs à gaz*, tome 3 (2). Les gazogènes de ce type marchent bien avec le splint-coal d'Écosse, très gazeux, ne décrépitant pas, sans être collant au feu. Cette houille ligniteuse est le type du parfait combustible pour les gazogènes, et le grand succès de M. Mond est dû, en très grande partie, aux excellentes qualités du Splint-Coal pour les gazogènes de tous les types; car il faut

(1) *Bulletin* de mai 1899, paragraphes 19 et 20.
(2) Bernard, éditeur, quai des Grands-Augustins, à Paris, p. 54 à 59 et fig. 9 et 10.

remarquer que les gazogènes de M. Mond sont soufflés par six ou huit petites grilles inclinées à la circonférence et que la prise de gaz se fait dans un anneau autour d'un fourreau central de chargement : de sorte que le centre du gazogène est fortement chargé, donc peu perméable au vent et au gaz; comme les gaz ont toujours, dans les hauts fourneaux, cubilots et gazogènes (dans tous les appareils à cuve, en un mot), une tendance marquée à filer le long de leurs parois, il s'ensuit donc, que si la pression de la colonne de combustible est au centre, si le vent est lancé le long des parois verticales, et si le gaz est appelé par le haut à la circonférence des mêmes parois verticales, le centre des gazogènes est inactif; au décrassage, on tire une très grande quantité de combustible non brûlé, c'est-à-dire non gazéifié, ayant traversé son gazogène inutilement et souvent en pure perte; où le défaut d'activité au centre et de cheminement à la circonférence le long des parois verticales de la cuve se fait bien remarquer, c'est comme je l'ai vu aux environs de Paris, dans un gazogène Mond, chargé au grésillon d'anthracite, où plus des deux tiers du combustible est retiré du bassin cendrier à joint hydraulique, aussi intact que s'il était resté en magasin : il est bien certain qu'avec le splint-coal, léger et poreux, ce défaut est beaucoup moins grave qu'avec le grésillon d'anthracite (1).

D'après les publications diverses concernant les gazogènes cylindriques à fourreau central de chargement, on serait disposé à croire (bien à tort, il est vrai), que ce fourreau fait fonction de cornue verticale de distillation, et que le splint-coal, à sa sortie du fourreau, pour entrer dans la cuve, y arrive transformé en coke. C'est là une profonde erreur, qui fut pour moi une amère déception, en 1889, après avoir célébré, dans mon ouvrage : *Sur les Combustibles*, (Bernard Tignol, éditeur, 53 *bis*, quai des Grands-Augustins, à Paris), pages 42 à 50, § 17 à 19 et page 230, § 21, Planche 2, les mérites de la distillation préalable des houilles à coke, pour n'avoir que du coke dans le gazogène, dont le gaz, s'échappant à 1 000°, distillait la houille dans trois cornues ouvertes, offrant au gaz une surface utile de chauffe de 3,500 $m \times 2\ m \times 3 = 21\ m^2$; les gaz de gazogène et de distil-

(1) Depuis ma première visite dans l'usine où j'ai vu ce gazogène Mond, cet appareil a été modifié par la suppression du fourreau central et depuis sa marche à l'anthracite est devenue pratique, quoi qu'avec une très forte production d'escarbilles, soit de combustible non gazéifié.

lation se trouvaient à l'état de mélange intime, à leur sortie de l'appareil. Tout avait été prévu pour un contact parfait et une excellente utilisation de la chaleur des gaz de coke; de plus, par de très grandes épaisseurs des parois, on s'était opposé à une déperdition du calorique produit dans l'appareil. Le résultat a été celui-ci : la houille, quoique sur une épaisseur de 0,150 *m* dans les bacs cornues, ne distillait qu'à sa surface, et, quand la charge de coke baissait dans le gazogène, il fallait y refouler du combustible, soit du coke, mais celui-ci n'était pas distillé à demi; alors, comme c'était prévu, on chargeait directement dans le gazogène le coke qui faisait défaut, par deux gueulards spéciaux à cet effet; mais, pour avoir du bon coke, ne formant pas voûte dans le gazogène, il fallait charger, par les deux gueulards, un poids de coke au moins égal au poids de houille chargée dans les bacs cornues, et souvent 60 *kg* de coke pour 40 *kg* de houille; mais le plus fâcheux était que ce fameux gaz du gazogène distillateur, au lieu d'être à 1 550 calories, suivant nos prévisions, n'était, au mètre cube, ramené à 0°, et à 760, qu'à 1 250 calories; donc, inférieur en qualité à celui de nos gazogènes ordinaires, tels que ceux que l'on voit § 22 *(fig. 31 et 32 et Pl. 217)* (1): Aussi, nous sommes-nous empressés de transformer au plus vite nos gazogènes, dits distillateurs, en gazogènes du type des figures ci-dessus citées, 31 et 32.

Comme le fourreau central des gazogènes de M. Mond et autres a 8 m^2 de surface, qu'au lieu de distiller comme nous 2 *t* de houille par 24 heures, il doit en distiller 25 *t*, et qu'au lieu de recevoir des gaz à 1 000°, il en reçoit à 600° à peine; que, de plus, l'épaisseur de la charge de houille, au lieu d'être de 0,150 *m* est de $\frac{1\,500}{2} = 0{,}750$ *m*, qui est celle des fours à coke qui marchent en 48 heures et au moins en 36 heures chauffés au blanc éblouissant; lesquels fours, pour une surface de 40 m^2, ne peuvent distiller que 10 *t* de houille : il m'est impossible de croire à la moindre trace de distillation, dans le fourreau central des gazogènes Mond; d'autant plus que, dans nos gazogènes à prise de gaz centrale marchant à l'anthracite, nous n'avons pas la température de 440°, qui est celle de la fusion du zinc, et, comme la houille, comme le bois sont des plus mauvais conducteurs de la chaleur, il est donc impossible d'obtenir, dans le

(1) Bulletin de mai 1899.

fourreau central, ce que les cornues, pour le gaz d'éclairage, chauffées au minimum à 1 400°, avec une épaisseur de 0,200 *m* de houille, ne peuvent donner en quatre heures à une charge de 150 kilos.

En m'étendant sur ce sujet, je veux faire profiter mes collègues d'une grande et coûteuse expérience qui a démontré l'impossibilité de distiller la houille dans un gazogène, à travers une paroi et même au contact, le gaz filant sur la couche de houille à distiller, donc, lui donnant directement son calorique sans l'intermédiaire d'une paroi à traverser.

Du reste, dans le gazogène à fourreau central des environs de Paris, dont j'ai parlé plus haut, on a cherché, au début, à marcher à la houille flénue du Pas-de-Calais, se rapprochant le plus du splint-coal (1); la distillation dans le fourreau central a été nulle et la marche a été impossible : ce qui a fait revenir à la houille maigre anthraciteuse, appelée aujourd'hui anthracite belge ou du Nord français.

§ 3. — Action de la vapeur d'eau dans les gazogènes et production partielle de gaz à l'eau.

Depuis Ebelmen, Thomas et Laurens, nous savons que, dans un gazogène marchant au carbone, soit au coke en pratique, la température de sortie du gaz peut varier entre 1 100° et 1 200°; si le combustible chargé au gazogène est du splint-coal, la température de sortie peut tomber à moins de 250°; car ce combustible renferme à peine 50 0/0 de carbone fixe, d'où il suit que le gaz qui s'échappe de la zone à 900°, où le maximum pratique de CO^2 a passé à l'état de $CO^2 + C = 2CO$, filtre à travers le combustible et le distille, en emportant ses gaz de distillation avec sa vapeur d'eau de constitution mise en liberté. Ce mélange de gaz et de vapeur surchauffée entre 400° et 500° environ, continue à filtrer à travers le combustible, qu'il sèche, pour, finalement, sortir du gazogène au-dessous de la température de 350° et de 250°, si le combustible est fortement chargé d'eau hygrométrique, qu'il a à vaporiser et à laquelle il doit fournir le calorique latent nécessaire à cet effet.

Avec les lignites, les tourbes et le bois, qui renferment 2, 3

(1) Le flénu du Pas-de-Calais est à 34 0/0 de matières volatiles, et le splint-coal à 42 0/0.

et 4 fois plus d'eau que le splint-coal, la température finale de sortie du gaz peut tomber au-dessous de 100° et la vapeur d'eau se trouve entraînée par dissolution dans le gaz : dans ce cas, la température peut tomber jusqu'à 85° sans donner lieu à des condensations dans le gazogène, c'est ce que nous constations tous les jours dans nos gazogènes au bois.

Il est bon rappeler ici, que si l'on souffle un gazogène à l'air sec, chaque équivalent de carbone donne 14 calories positives et que si l'on souffle le même gazogène au jet de vapeur, chaque équivalent de carbone oxydé par la vapeur d'eau absorbe :

1° pour faire $2HO + C = CO^2 + 2H$ . . . 11 calories.
2° — $HO + C = CO + H$ . . . 15 —

La première réaction se produit depuis 550° jusqu'à 800° et la seconde depuis 800° jusqu'aux plus hautes températures que peut donner la gazéification dans un gazogène.

Il faut encore noter que le passage de l'acide carbonique à l'état d'oxyde de carbone réclame aussi au minimum 850° ; donc, plus la température sera élevée au-dessus de 850°, plus la réaction $CO^2 + C = 2CO$ se fera bien, car celle-ci absorbe 19 calories par équivalent de carbone.

On doit donc conclure que la réaction $2HO + C = CO^2 + 2H$ se produit la première et que la réaction $CO^2 + C = 2CO$, se produit en dernier lieu ; puisque la première commence à se faire à 550° et au-dessus, et la seconde à partir de 850° et au-dessus ; ce sont leurs productions successives qui donnent $CO^2 + C + 2H = 2(CO + H)$.

Le tableau n° 1 ci-après indique les quantités d'acide carbonique, d'hydrogène et d'oxyde de carbone, que donne le passage de la vapeur filtrant à travers du carbone (qui ici est de la grenaille de charbon de bois) : ce tableau est dû à M. Bunte (1).

En 1861, j'ai obtenu les mêmes chiffres en CO^2, pour les températures de 900 à 1 000° et pour celles de 1 200° et au-dessus poussée jusqu'à 1 500° ; où j'ai encore trouvé 0,5 0/0 de CO^2 (2). Mais ici, il faut remarquer, que c'était de l'acide carbonique pur, CO^2, que je faisais passer à travers une cornue verticale de 0,220 *m* de diamètre intérieur, remplie de charbon de bois, chargé déjà au rouge ; ce charbon de bois était cassé en petits morceaux de

(1) Geiger : *Das Wassergas*, p. 2.
(2) *Les Combustibles*, 1878, p. 220, § 209. Bernard-Tignol, éditeur.

la grosseur d'une noisette, cette cornue avait 3 *m* de hauteur chauffée par un puissant foyer à flamme renversée, donnant le blanc éblouissant suant, estimée à la température des fours à réchauffer et à souder le fer, soit à 1 500°.

TABLEAU N° 1.

TEMPÉRATURE A L'INTÉRIEUR DU TUBE-CORNUE soit de la grenaille et de la vapeur.	COMPOSITION EN VOLUME DES GAZ			VAPEUR D'EAU		VITESSE par seconde de passage de la vapeur dans le tube.
	H	CO	CO^2	décomposée	intacte	
	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	*m*
à 674° rouge naissant (1). .	65,2	4,9	29,8	8,8	91,2	0,270
758° — sombre . . .	65,2	7,8	27,0	25,3	74,7	0,540
838° — cerise	62,4	13,1	24,5	34,7	63,3	1,100
861° — cerise	59,9	18,1	21,9	48,2	51,8	1,600
954° — cerise clair. .	53,3	39,3	6,8	70,2	27,2	1,900
1010° — cerise clair. .	48,8	49,7	1,5	94,0	6,0	1,850
1060° — orange . . .	50,7	48,0	1,3	93,0	7,0	2,950
1125° orange clair	50,9	48,5	0,6	99,4	0,6	3,400

(1) A la température de 550° et à 760 = 1 at il y a déjà des traces de production de H et de CO^2.

Le tableau ci-dessus de M. Bunte, fait voir et prouve bien qu'il est inutile de chercher à obtenir du gaz de gazogène, au-dessous de 2 à 3, 0/0 de CO^2, vu que si le gazogène est soufflé à la vapeur, une teneur en CO^2, ne dépassant pas 7 0/0, doit être considérée comme celle d'une bonne marche.

L'effet de l'introduction de la vapeur d'eau dans le vent, est de diminuer considérablement la température interne des gazogènes puisque chaque équivalent de HO et de C, donnant lieu à la réaction $HO + C = CO + H$ absorbent 15 calories; c'est ce qui fait tomber la température de sortie du gaz de coke de 1 200° à 800° environ, et celle du gaz d'anthracite au-dessous de 500°, s'il est à 8, 0/0 et au-dessus en matières volatiles.

Mais la production du premier gaz à l'eau $2HO + C = CO^2 + 2H$ à la température de 674° est déjà très abondante et abaisse encore celle de l'intérieur du gazogène de 150° environ; de sorte que le gaz de coke s'échappe de cet appareil à 650°, et le gaz d'anthracite à 300°, si la teneur en CO^2 du gaz produit ne dépasse pas 7, 0/0.

Par le tableau n° 2 ci-dessous, je vais faire voir qu'un gaz peut être fortement chargé d'acide carbonique sans être cepen-

dant un mauvais gaz de gazogène, car l'acide carbonique remplace l'azote dans sa composition.

TABLEAU N° 2.

GAZ COMPOSANTS en volume	A. L. D'ANTHRACITE		DOWSON D'ANTHRACITE		SIEMENS DE HOUILLE flénue		MOND de SPLINT-COAL		I. A. L. de SPLINT-COAL	
H	18,79		26,55		5,83		23,00		14,50	
CO	21,22	45,14	18,29	45,95	21,56	30,56	10,00	36,00	29,50	48,45
C^2H^4	4,61		0,00		3,17		3,00		4,45	
C^4H^4	0,52		1,11		0,00					
O	0,18		0,46		0,52		0,00		0,00	
CO^2	1,55	54,86	11,30	54,05	2,35	69,44	15,00	64,00	3,00	51,55
Az	53,13		42,29		66,57		49,00		48,55	
		100,00		100,00		100,00		100,00		100,00
Puissance calorifique du gaz au mètre cube ramené à 0° et à 760	1 548 calories.		1 388 calories.		1 080 calories.		1 156 calories.		1 650 calories.	

Je dois faire remarquer ici, que le gaz Mond est produit par un mélange d'air et de vapeur à poids égaux soufflé dans le cendrier du gazogène à la température de 250° en moyenne et qu'il y a aussi un nouveau gaz Siemens dû à un mélange de vent surchauffé (air et vapeur) à 350° environ, qui ne renferme plus que 58,35 0/0 de gaz inertes 0, CO^2 et Az et qui arrive à 1 303 calories le mètre cube ramené à 0° et à 760.

Comme on peut le voir, M. Mond qui fait passer dans ses gazogènes 2,500 *kg* de vapeur d'eau surchauffée par kilogramme de splint-coal (1) n'en décompose, en moyenne, que 800 *g* par kilogramme (de splint-coal à 50 0/0 environ de carbone fixe), donc 800 *g* sur 2,500 *kg* représentent en pratique une décomposition de un tiers du poids de vapeur qui traverse les dits gazogènes et, comme on peut le remarquer, le gaz de M. Mond est encore meilleur que celui de Siemens fait à sec, de 1 156 calories — 1 080 calories = 76 calories par mètre cube. Ce qui fait bien comprendre qu'un grand excès de vapeur dans le vent, si celui-ci est surchauffé à 300° permet encore de faire un gaz industriel passable.

(1) Soit 5 *kg* de vapeur par kilogramme de carbone fixe.

Comme je l'ai dit dans mon mémoire de mai 1899, paragraphe 19, le but de M. Mond, en faisant usage d'un si grand excès de vapeur, est d'obtenir le maximum de rendement ammoniacal et donc de sulfate d'ammoniaque, soit 42 *kg* à la tonne de houille, alors que les usines à gaz d'éclairage et les fours à coke, ne peuvent obtenir que 8 à 9 *kg* au maximum de sulfate d'ammoniaque par tonne.

Mais si nous laissons de côté la production du sulfate d'ammoniaque, nous constatons qu'en soufflant modérément les gazogènes à la vapeur, on obtient de meilleurs gaz, où l'acide carbonique remplace, dans la composition du gaz, l'azote; de sorte que la somme des gaz inertes ne dépasse pas 55 0/0; tel est, par exemple, le gaz Dowson qui, quoiqu'à 11,33 0/0 de CO^2, est cependant riche à 1 388 calories, le mètre cube ramené à 0° et à 760.

En soufflant à la vapeur de l'air froid, on peut injecter dans le vent 0,750 *kg* de vapeur d'eau par kilogramme de carbone fixe, c'est-à-dire de carbone arrivant dans la zone de 800° et au-dessus. Mais si le vent (air et vapeur) arrive surchauffé dans le gazogène à 250°, on peut porter à 1 *kg* la quantité de vapeur par kilogramme de carbone fixe et alors on obtient le maximum de puissance calorifique, qu'il est possible de donner à un gaz de gazogène, soit 1 600 calories au mètre cube, ramené à 0° et à 760°, avec des houilles de la qualité des splint-coals, comme avec les anthracites. Avec les combustibles de qualité inférieure, on peut encore faire du gaz à 1 300 et 1 450 calories au mètre cube, au vent chaud.

§ 4. — Action de la vapeur sur la formation des voûtes de coke et sur celles de mâchefers.

a) Comme je viens de l'expliquer, outre que l'addition de la vapeur au vent, donne un meilleur gaz de gazogènes, elle abaisse considérablement la température interne de ces appareils; de sorte qu'à l'origine, à l'introduction du vent sur le combustible *sec distillé* (coke ou charbon, coke de lignite, de tourbe ou de bois), là où le vent sec donne la température de 1 500°, due à la production de $2O + C = CO^2$ on a plus que celle de 900° à 1 000° quand on a simultanément ces deux réactions $2O + C = CO^2$ et $2HO + C = CO^2 + 2H$, avec la première en proportions plus ou moins variées, suivant que la réaction 2HO

$+ C = CO^2 + 2H$ domine ou l'autre $2O + C = CO^2$. Donc plus on produira d'hydrogène de premier jet, plus la température de la grille sera peu élevée ou basse. Suivant M. Mond et un grand nombre de praticiens anglais, l'abaissement de la température intérieure d'un gazogène, avec un grand excès de vapeur d'eau, non décomposée, modère dans les parties hautes de cet appareil, la distillation de la houille, genre flénue, splint-coal, qui alors, par la lenteur de sa distillation, ne donne pas de coke aggloméré, donc pas de voûte et d'encombrement de coke, s'opposant à la descente du combustible et aux combustions anticipées, du gaz produit. La formation du coke avec les houilles ligniteuses n'est pas à craindre, pour celles qui donnent plus de 38 0/0 de matières volatiles; comme les splint-coals d'Écosse en dégagent depuis 40 jusqu'à 44 0/0, il n'y a pas lieu d'être étonné que ce combustible est employé avec grand succès par les hauts fourneaux écossais. Mais ici il est bon de dire que les gazogènes, qui emploient la même houille que les hauts fourneaux, ont généralement 6 *m* de hauteur environ. Voici pour quelles raisons : Si, par exemple, on charge de blocs plus ou moins gros, dans des cornues (à gaz d'éclairage) froides, des morceaux plus ou moins gros de splint-coal qu'ensuite on porte à plus haute température des cornues à gaz 1 400 calories, ils ne se sondent pas, pour former une masse ou grosse croûte de coke, car ils restent indépendants et isolés, aussi peut-on les retirer de la cornue, après distillation complète à cœur, sous la même forme primitive que celle sous laquelle on les a chargés, à la condition de n'élever la température que lentement et progressivement : dans ce cas, le splint-coal se comporte à la distillation, comme le lignite, la tourbe et le bois, où jamais deux morceaux l'un sur l'autre ne se soudent en un seul bloc : mais si on prend du poussier de ce même splint-coal et si on l'introduit dans un creuset formé dans lequel on le chauffe brusquement et fortement avec rapidité, on retire du creuset, après distillation complète, un bloc de coke, léger et poreux, parfaitement bien aggloméré; c'est ce qui fait que dans les gazogènes de peu de hauteur, 2,50 *m* à 3 *m*, le splint-coal donne des voûtes de coke, qui en rendent la marche matériellement impossible ou mauvaise, principalement si ces appareils sont soufflés au vent sec (c'est-à-dire, sans vapeur d'eau) qui produit, comme dans le cas du creuset, une élévation rapide, brusque, de haute température : c'est pour cette raison que les Anglais et les Écossais

font usage de hauts gazogènes, soufflés exclusivement à la vapeur.

Sur le continent et en France, il est presque impossible de réaliser avec des mélanges variés de houilles gazeuses et sèches (flénues), de houilles maigres anthraciteuses et houilles demi-grasses à 13 et 14 0/0 de matières volatiles, l'équivalent pratique du splint coal, des lignites, tourbes et bois, vu que les mélanges faits avec la plus grande habileté pratique, donnent toujours des voûtes de coke au bout de trois à quatre heures de marche, ce qui force à piquer continuellement les gazogènes pour démolir les encombrements et voûtes de coke au fur et à mesure de leur formation; car si ces voûtes sont peu résistantes à leur origine, avec le temps et la charge qui pèse sur elles, elles deviennent dures et résistantes et d'une épaisseur telle qu'il n'y a plus moyen de les démolir par les trous de piquage, alors il faut arrêter et mettre hors feu ce qui est une véritable calamité (1).

Quand on veut, pour s'opposer aux formations des voûtes, augmenter la quantité de houille maigre anthraciteuse, sous forme de poussier; celui-ci agit dans le gazogène comme du sable fin et lourd; la charge de combustible devient imperméable au vent qui, sous des pressions de 0,60 *m* de colonne d'eau, de 1 *m* et plus, ne la traverse plus; de là arrêt par extinction. Dans les gazogènes à plan incliné, type des figures 31 et 32 de mon mémoire de mai 1899 déjà cité § 22, le même mélange se comporte bien au vent chaud, mais au vent froid, le mélange le plus intime de 2/5 de flénu, de 1/5 de demi-gros et de 2/5 de maigre anthraciteux, le tout à l'état de fines et poussiers, descend bien dans les gazogènes de ce type en donnant de très bons gaz, sans pression supérieure à 2 et 3 *mm* d'eau, mais les 2/5 de maigre anthraciteux ou d'anthracite arrivent sur les barreaux des grilles dans le même état apparent que celui dans lequel ils ont été chargés, malgré le mélange le plus intime produit par six traits de pelle dans six directions croisées, et bien faits. Ces 2/5 de poussier anthraciteux ont distillé les 6, 7, 9 ou 11 0/0 de matières volatiles qu'ils renfermaient; ce que constate l'analyse, sans trace de combustion. Au décrassage le poussier anthraciteux est enlevé sous forme de sable rouge qui, par le refroidissement, devient d'un beau noir; c'est le coke pulvérulent d'anthracite.

(1) Dans les gazogènes les flénus à 35 et 38 °/₀ de matières volatiles, donnant du coke fortement boursouflé, qui ne pouvant gonfler pris comme dans un étau, donne un coke très dur, faisant voûte ultra-résistante.

Il en est ainsi de tous les poussiers maigres au-dessous de 12 à 13 0/0 de matières volatiles, qui ne peuvent donner du gaz que quand les gazogènes sont soufflés au vent chaud à 250° et à 300° si on le peut.

Mais dans les mêmes gazogènes à plan incliné, comme principalement dans les gazogènes cylindriques, les gros grésillons, noisette, tête de moineau, petite et moyenne gailleterie d'anthracites et de houilles maigres anthraciteuses, se comportent parfaitement bien, avec une marche ne laissant rien à désirer, en donnant un excellent gaz, principalement s'ils sont soufflés à la vapeur et au vent surchauffé à 250° environ. Les mêmes poussiers maigres intraitables, agglomérés sous forme de briquettes, se comportent aussi bien que la gailleterie : d'où il suit qu'on est amené à dire, que les poussiers anthraciteux au-dessous de 10 0/0 de matières volatiles ne peuvent être employés seuls aux gazogènes et qu'à l'état de mélanges intimes, avec des flénus et des charbons demi-gros, ils sont sans valeur industrielle, si les gazogènes ne sont pas soufflés au vent chaud à 250° au moins, avec une pression de vent assez forte pour traverser le mélange, sous une charge effective de 1 *m* à 1,20 *m* de combustible réclamant souvent une pression manométrique de 0,50 *m* à 0,70 *m* de colonne d'eau.

Dans les cas où on fait emploi de tels mélanges de poussiers, les gazogènes doivent être suivis de chambres à poussières, où viennent se déposer celles que la soufflerie chasse desdits gazogènes et qui sont d'autant plus volumineuses, que leurs poussiers sont fins et cendreux. Si leur finesse arrive à l'impalpable, les poussiers maigres anthraciteux sont chassés en totalité des gazogènes et donc ne peuvent être utilisés, dans les appareils appartenant au type cylindrique, où l'activité est beaucoup plus grande que dans le gazogène carré à plan incliné, sur lequel il n'y a pas de mouvement gazeux et où la chaleur agglomère le poussier anthraciteux avec le flénu et le demi-gros, pour en faire un coke très friable, que par les trous inclinés de piquage on pousse sur la grille toutes les heures, soit au fur et à mesure de sa production. Si le poussier anthraciteux tombe au-dessous de 7 à 8 0/0 de matières volatiles, il ne peut être bien gazéifié que soufflé au vent chaud à 250° et au-dessus de cette température, jusqu'à la limite extrême de 350° qu'il est très difficile de dépasser, dans la pratique industrielle, sans mettre hors service, en quelques jours, les appareils à vent chaud.

Comme on peut le voir par ce qui vient d'être dit, l'emploi de tous les combustibles aux gazogènes, ne laisse pas de présenter de nombreuses difficultés principalement avec les houilles à coke et les poussiers anthraciteux.

b) Une autre grande difficulté s'oppose, dans beaucoup de cas, à l'emploi de certains combustibles dans les gazogènes, qui est celle de la production des machefers ou scories plus ou moins fusibles. En effet, tous les combustibles minéraux, sont plus ou moins pyriteux, c'est-à-dire, renfermant des quantités plus ou moins grandes de bisulfure de fer FeS^2, composé de 46 2/3 0/0 de fer et de 53 1/3 0/0 de soufre : dans les parties hautes des gazogènes où la houille distille, un équivalent de soufre se combine avec le carbone, pour donner du sulfure de carbone et diverses combinaisons avec le cyanogène, en partie décomposée par l'hydrogène pour donner lieu à la production finale de l'acide sulfhydrique HS, inaltérable à haute température et très stable aux températures supérieures à 600°; le second équivalent de soufre qui, resté combiné avec le fer pour former le monosulfure ou protosulfure de fer FeS, arrive sur la grille ou dans la zone du maximum d'oxydation où le fer forme le péroxyde de fer ou sesquioxyde Fe^2S^3 et le soufre, l'acide sulfureux SO^2, lequel, en cheminant dans le gazogène, en contact avec de la vapeur d'eau et des gaz réducteurs, passe à l'état d'acide sulfhydrique $SO^2 + 2C + H = 2CO + HS$, de sorte que presque la totalité du soufre des pyrites des combustibles s'échappe des gazogènes sous forme de HS. Quant au fer oxydé Fe^2O^3, si la température est assez élevée dans les parties les plus basses des gazogènes ou sur la grille il est fondu et se combine avec la silice, la chaux et l'alumine, pour former une grande variété de silicates et de silico-aluminates de fer, de chaux, de magnésie, de manganèse, etc., plus ou moins fusibles appelés mâchefers ou scories. Ces mâchefers sont fusibles à divers degrés, depuis 900° jusqu'à 1 400°.

Quand ils sont très fusibles, ils arrivent jusqu'au bas de la grille ou dans le joint hydraulique, dont ils sont enlevés avec facilité, s'ils tombent dans l'eau qui les fait éclater et fendre. On voit les mâchefers, sur les grilles à gradins, descendre de gradin en gradin; mais si les mâchefers sont moins fusibles, ils descendent très difficilement et restent collés sur les étalages de gazogènes, dont on les enlève difficilement. Si les gazogènes sont soufflés au jet de vapeur, le refroidissement dû à la décom-

position de la vapeur, soit à la production de H, de CO et H, de CO^2 2H s'oppose à la fusion des cendres ferrugineuses qui restent à l'état pulvérulent et s'écoulent avec la plus grande facilité, *sous forme de poussière*, (chose que l'on doit toujours, quand on le peut, chercher à produire). Les fluidités différentes des cendres sont donc dues à leurs compositions chimiques, donnant des combinaisons de silicate et de silico-aluminate plus ou moins fusibles, depuis la plus grande fusibilité à 900° et la plus grande infusibilité à 1 400° et à 1 500°.

Dans certains cas, la vapeur d'eau rend les cendres infusibles, dans d'autres moins fusibles, et dans d'autres encore, elle ne peut s'opposer à leur fusibilité : de sorte que, sans un essai pratique, il est impossible de dire à l'avance comment la cendre d'un combustible se comportera dans un gazogène.

Dans les gazogènes cylindriques, la semi-fusibilité des cendres, soit l'état pâteux, est déplorable et souvent désastreux. Alors il faut voir, si en supprimant la vapeur, on peut donner de la fusibilité aux cendres et les faire couler au fond de la grille ou dans le joint hydraulique, ou si par une augmentation de la quantité de vapeur employée on peut s'opposer à leur fusion et leur conserver l'état pulvérulent de poussière s'écoulant, comme toutes les poussières, avec la plus grande facilité. De sorte, que pour bien souffler les gazogènes, il faut largement disposer de tous les moyens possibles, pour faire varier à volonté la quantité de vapeur d'eau par kilogramme de carbone fixe ainsi que la température du vent, depuis 100° jusqu'à 300°, qui est le maximum pratique de la température du vent dans les appareils métalliques.

Je pourrais citer un très grand nombre de cas, où l'addition supplémentaire de la vapeur d'eau dans le vent, a rendu possible et industrielle la marche des gazogènes à cuve avec certains combustibles, et d'autres où l'addition de la vapeur d'eau a rendu la marche impossible, au point de faire abandonner le chauffage par le gaz, alors que des gazogènes voisins, dans la même usine, soufflés à sec par des ventilateurs, donnent d'excellents résultats ; mais comme les premiers gazogènes étaient soufflés au jet de vapeur, sans ventilateur, ils ne peuvent donc fonctionner qu'avec un vent qui est un mélange d'air et de vapeur, qui en rend la marche matériellement impossible : le refroidissement dû à la décomposition de la vapeur, en produisant des scories pâteuses n'est pas assez considérable pour s'op-

poser à l'état pâteux et maintenir les cendres sous forme de poussière pulvérulente.

J'ai vu, en novembre 1900, deux gazogènes Taylor, à grille rotative, complètement dans l'impossibilité de marcher malgré un continuel mouvement tournant de leur grille mécanique ; vu que le vent, quoiqu'introduit au centre et au-dessus de la grille par un gros champignon (le combustible étant très résistant à son passage), gagne la paroi verticale de la cuve, contre laquelle se fait la première combustion et ensuite la gazéification, comme dans les gazogènes de M. Mond ; mais ici c'est un accident, qui donne ce fâcheux résultat, d'où il s'ensuit que la plus haute température se développe contre le bas des parois de la cuve ; le refroidissement dû à l'injection de la vapeur rend les cendres pâteuses, sous forme de scories-mâchefer très durs, qui collent avec une très grande adhérence aux parois de la cuve, et petit à petit il se forme une couronne de mâchefer d'une telle ténacité, qu'il est impossible de la briser par les trous de piquage ; la couronne se garnit continuellement et prend la forme d'une voûte sphérique : au bout de deux jours et demi à trois jours, il ne reste plus qu'un trou de 0,150 *m* à 0,200 *m* de diamètre, au centre et au sommet de cette voûte sphérique par où passe le combustible, s'il se trouve cassé en petits morceaux appelés chatilles, têtes de moineau, etc. ; le gaz devient très mauvais, brûlant sous la voûte de mâchefer ; enfin, le quatrième jour le trou central se bouche, d'où arrêt et mise hors feu. Les deux gazogènes voisins à grilles plates, qui n'ont rien de particulier, étant soufflés à sec par des ventilateurs centrifuges ordinaires, laissent assez de fluidité (bien juste il est vrai), aux mâchefers pour qu'ils arrivent lentement sur la grille plate, d'où on les enlève avec un travail assez pénible ; mais il ne se forme pas de voûte de mâchefer, ce qui assure pratiquement une bonne marche industrielle, en donnant un gaz d'assez médiocre qualité, qui, grâce à la récupération, donne un excellent chauffage aux fours qu'ils fournissent de gaz.

Nous mêmes, à Limoges, avec des gazogènes du type de la *(fig. 1, Pl. 26)*, soufflés au ventilateur, nous avons eu des voûtes de mâchefer avec les cendres d'un splint-coal au point d'être complètement arrêtés au troisième jour de marche. Le ventilateur ayant une machine et une chaudière spéciale exclusive à son usage, nous avons envoyé l'échappement de vapeur de cette machine dans le vent, et le même splint-coal nous a donné une

excellente marche sous tous les rapports avec des décrassages de grille des plus commodes et des plus rapides, sans la moindre fatigue pour les chauffeurs chargés de ce travail.

A Lyon, avec le même type de gazogène (*fig. 1, Pl. 26*), sans vapeur dans le vent, nous avons eu des voûtes de mâchefers (le combustible étant un grésillon d'usine à gaz à 35, 0/0 de cendres) (1), qui ont rendu la marche impossible. L'addition de la vapeur prise au moyen d'un robinet régulateur à une chaudière voisine, a rendu possible le service sans éviter la formation du mâchefer solide; celui-ci se produit sur la grille plate d'où il est enlevé facilement, car ce mâchefer, sous l'action de la vapeur, est rendu très cassant et très friable, ne résistant pas à quelques coups de ringard. Mais par contre, avec un combustible à 35 0/0 de cendres, il faut nettoyer la grille toutes les trois ou quatre heures, sans quoi cette grille à gradins se remplit de mâchefer et celui-ci monte au-dessus des derniers gradins, puis vient coller contre les parois réfractaires du cuvelage, où petit à petit il forme la couronne et enfin la voûte de mâchefer ; ce qui fait que pour le service d'un moteur, qui n'admet d'arrêt que toutes les douze heures, il faut deux gazogènes pour assurer le service d'un seul. Alors chacun des gazogènes ne produit que la moitié du gaz total consommé et donc dans chacun d'eux il ne se forme que la moitié de la totalité du mâchefer produit; avec un décrassage de quatre heures en quatre heures, on est très à l'aise et pendant le décrassage qui peut durer un quart d'heure, le gazogène qui reste en activité produit la totalité du gaz consommé durant une demi-heure; car après un décrassage, le gaz devient mauvais pendant huit à douze minutes et ne saurait être admis par un moteur à gaz : d'où il suit que quinze minutes après le décrassage, après avoir laissé le mauvais gaz se perdre par la cheminée d'allumage, après l'avoir essayé et reconnu bon, le chauffeur ferme cette cheminée et envoie le gaz à la consommation directe ou au gazomètre.

Comme on le voit, l'emploi de la vapeur doit être fait très judicieusement, dans un gazogène d'un type déterminé, pour un combustible aussi déterminé, car la plus ou moins grande fusibilité de ses cendres rend cet emploi de la vapeur aussi mauvais, dans un cas, comme nous venons de le voir, qu'il est excellent dans un autre.

(1) Au commencement de janvier 1901 le grésillon renfermait 20, 0/0 d'eau et donnait 39 et 40, 0/0 de cendres et mâchefers, le gaz produit a toujours été très bon.

Pour cette raison, aujourd'hui, certains constructeurs allemands font comme nous ; ils soufflent leurs gazogènes au ventilateur à pression constante, puis envoient dans le vent des gazogènes des quantités de vapeur d'eau, plus ou moins grandes, suivant ce qu'en peuvent exiger les cendres, pour être évacuées plus ou moins facilement desdits gazogènes depuis des quantités nulles, jusqu'au maximum, faisant tomber le gaz produit à 900 calories, le m^3 ramené à 0° et à 760; auquel cas il faut s'arrêter, le gaz devenant tellement mauvais qu'il est sans emploi pour bon nombre d'appareils, fours ou moteurs. Mais jusqu'à cette limite 900 calories, il ne faut pas hésiter à employer la vapeur à haute dose, si elle seule permet l'emploi de combustibles bon marché, qui sans elle seraient sans usage ; car mieux vaut faire du gaz à 900 et à 1 050 calories que de n'en pas faire du tout, parce que certains combustibles de choix en donnent à 1 500 calories, qu'il faudrait payer trois et quatre fois plus cher. Or, pour les fours avec de grandes surfaces d'accumulateurs-récupérateurs, le gaz à 950 calories donne de très bons résultats, comme avec les moteurs à gaz à forte compression préalable à 10 *kg* ; d'où il suit que grâce à la grande récupération et à la forte compression on peut utiliser avec profit les combustibles inférieurs à bas prix, sans difficulté pratique ou onéreuse et sans augmentation appréciable de combustible (1). Car, en effet, si un combustible donne un très bon gaz à 1 500 calories, parce que les gazogènes sont soufflés au vent (air et vapeur) surchauffés à 250°, le rendement en gaz du kilogramme de combustible, anthracite et splint-coal de premier choix, ici pris pour types, n'est que de 3,500 m^3 à 4,250 m^3, ramené à 0° et à 760 : mais si le gaz tombe à la limite extrême du médiocre, soit à 900 calories, la production de gaz en volume arrive à 4 m^3, et 4,850 m^3 et un four comme un moteur à gaz pour une même action ou un même travail dépense un plus grand volume de gaz, mais la dépense en combustible solide chargé au gazogène, n'est augmentée, avec le plus mauvais gaz à 900 calories que de 10 à 15 0/0, qui est la vraie dépense à prendre en considération. Or, en pratique industrielle et commerciale, n'est-il pas préférable de consommer au gazogène 1 100 ou 1 150 *kg* de combustible à 15 *f* la tonne, que 1 000 *kg* de combustible de choix à 35 *f*, puisqu'il y a une économie de $\frac{(1,250\ t \times 15\ f) \times 100}{35\ f} = 56$, 0/0 à réaliser.

(1) Déduction des cendres et de l'eau, bien entendu.

Pour l'emploi des combustibles de qualité inférieure, il faut, pour les fours à gaz, augmenter de 50 0/0 le cube et la surface (qui en est la conséquence) des accumulateurs-récupérateurs et, pour les moteurs à gaz, augmenter de 30 à 35 0/0 le volume engendré par le piston moteur, pour un même travail et un même nombre de tours (à la minute), ou encore augmenter de 30 à 35 0/0 la vitesse de rotation; ce qui revient au même, soit à augmenter de 30 à 35 0/0 le volume utile engendré dans l'unité de temps, avec un accroissement de la compression préalable de 3 et 4 *kg* à 9 et 10 *kg* : c'est principalement le travail absorbé par la compression préalable, qui est la cause de l'augmentation de dépense des moteurs à gaz très pauvres comme celui des hauts-fournaux (1). Mais du reste, en matière de vaporisation, soit de production de la vapeur, par les chaudières à vapeur, n'en est-il pas de même? plus le combustible est de qualité inférieure, plus la dépense en kilogrammes est grande et la dépense en argent petite, si ce combustible n'est pas grevé de frais de transport onéreux.

§ 5. — Soufflage au vent chaud des gazogènes.

Il faut ne pas oublier que le soufflage au vent sec, soit à l'air pur (sans addition de vapeur) est beaucoup plus que suffisant pour donner des températures excessives produisant la vitrification des cendres de tous les combustibles, ainsi que celle des parois réfractaires du bas des gazogènes; donc la réaction $CO^2 + C = 2CO$ est bien assurée, puisque $C + O = CO$, donne 14 calories positives par équivalent de carbone, et théoriquement avec le coke, l'échappement du gaz d'un gazogène soufflé à l'air froid doit se faire à 1 200° : il y a ici un grand excès de calorique, qui dans le cas des anthracite, houille, lignite etc., sert à la distillation de leurs matières volatiles : dans un renvoi au § 20 de mon Mémoire de mai déjà cité, on trouve un tableau donnant la température de sortie des gaz de leurs gazogènes soufflés à la vapeur; tableau qui fait bien voir que sans vapeur il y a un excès considérable de calorique développé dans lesdits gazogènes soufflés à froid, au vent sec : donc, ici je ne m'occuperai que du soufflage du vent à la vapeur, par injecteur genre Kœrting ou par addition dans le vent; ce qui revient au même,

(1) *Bulletin* de mai 1899, tableau 1, § 2.

avec plus de facilités pratiques comme on l'a vu dans le paragraphe précédent.

Quand on souffle à la vapeur, sous pression de 2 à 3 *kg*, (3 à 4 *atm*), un gazogène au moyen d'un Kœrting, la température du vent arrive à 80° environ (elle varie suivant les saisons entre 70 et 90°); mais une partie de la vapeur se condense, pour porter, par exemple, le vent de 15° à 80°, qui se trouve alors insuffisamment saturé ou mieux chargé de vapeur. Une addition directe supplémentaire de vapeur dans le vent, venant d'un Kœrting ou d'un ventilateur produit encore de la condensation, pour faire monter la température du vent de 80° à 100°, température limite et maximum, sous la pression 760. Mais cette addition est très limitée, car si on l'exagère, elle produit l'extinction du gazogène; de sorte que la production partielle des gaz à l'eau est aussi très limitée dans beaucoup de cas. Si les cendres des combustibles sont très fusibles, l'addition supplémentaire de vapeur en excès, donnant un mauvais gaz n'est pas toujours suffisante pour s'opposer à la vitrification des cendres et à la formation de mâchefers rendant impossible la marche industrielle et pratique des gazogènes, comme nous l'avons vu dans le paragraphe précédent.

Pour ces diverses causes et raisons, il faut souffler les gazogènes avec un mélange d'air et de vapeur, qui peut varier comme on l'a vu à la fin du paragraphe 3, entre 0,750 *kg* et 1 *kg* par kilogramme de carbone fixe, afin de faire de très bons gaz mixtes et d'avoir une bonne allure de gazogènes; mais pour obtenir ces deux bons résultats, le mélange d'air et de vapeur (le vent) doit arriver dans les gazogènes entre les températures de 250° à 300°.

Voici, pourquoi, quand le vent arrive sur le combustible à la température de la torréfaction du bois, donnant le charbon roux 275°, s'il y passe un certain temps, il le dessèche et l'enflamme. Avec les combustibles très poreux, l'inflammation est beaucoup plus rapide qu'avec les combustibles très durs, comme le coke métallurgique et l'antharcite; mais ce n'est toujours qu'une question de temps, 5 minutes avec le bois sec et 15 à 20 minutes avec le coke ou l'anthracite. Donc, si un combustible reçoit du vent à 300°, il brûlera toujours bien sans donner d'escarbilles, car à cette température la combustion du carbone, si dur qu'il soit, ne résiste pas à l'action de l'oxygène. Mais, si l'air est additionné de vapeur humide, les gouttelettes d'eau de condensation à 100° ou à 80°, entraînées par le courant de vent, arrivant sur

le combustible en ignition, se vaporisent en prenant au combustible rouge, le calorique latent qu'il leur faut pour se volatiliser, et alors le soufflage avec de la vapeur humide à 100° ou au-dessous a toujours une tendance à provoquer l'extinction d'un gazogène, pour peu que la vapeur en quantité dépasse 0,450 *kg* à 0,550 *kg* par kilogramme de combustible fixe. Tandis que si le combustible soufflé à la vapeur reçoit un mélange d'air et de vapeur, même à la température de 120°, où déjà sa force élastique est à la tension de 2 *atm*, soit 1 *kg*. Cette vapeur est franchement surchauffée pour la pression 760 et donc se comporte comme un gaz permanent, tel que l'azote auquel elle s'ajoute ; de sorte le soufflage au vent chaud (air et vapeur) à 200°, 250° et 300°, outre qu'il apporte du calorique au combustible qu'il réchauffe, sa vapeur jusqu'à 550° se comporte comme l'azote, elle n'est donc pas un obstacle à la bonne marche du gazogène, pas plus que l'azote, car ce n'est qu'à partir de 550° jusqu'à 850° et au-dessus que se produisent les deux gaz à l'eau $C + 2HO = CO^2 + 2H$ et $C + HO = CO + H$; mais ce n'est que au-dessus de 700°, que la production de ces gaz à l'eau absorbe du calorique d'une façon notable (voyez paragraphe 3, le tableau n° 1, ci-dessus). C'est ce qui explique, que l'emploi de la vapeur d'eau, faite avec un très grand excès par M. Mond, 2,500 *kg* par kilogramme de splint-coal, soit 5 *kg* par kilogramme de carbone fixe, donne une marche bonne, pratique et industrielle, le grand excès de vapeur dans le vent arrivant sur le combustible à des températures de 200° et au dessus.

Grâce à cette surchauffe, la force élastique de la vapeur est de 15 *atm*, et donc dans ces conditions, l'excès de la vapeur d'eau, qui n'est pas décomposée pour produire les gaz à l'eau, traverse les gazogènes comme le fait l'azote ; excès dont on débarrasse le gaz par la condensation, ce qu'on ne saurait faire avec l'azote.

Dans le cas de M. Mond, qui pour 1 *kg* de carbone fixe, injecte dans le gazogène 2,500 m^3 d'air et 5 *kg* de vapeur d'eau, à la température de 300°, la quantité de calorique apporté au gazogène par kilogramme de carbone fixe est de :

$$\left.\begin{array}{l}\text{par l'air } 2{,}500\ m^3 \times 1{,}3 \times 0{,}24 \times 300^\circ \\ \text{par la vapeur } 5\ kg \times 0{,}48 \times 300^\circ \ldots\end{array}\right\} = 954 \text{ calories,}$$

soit donc 954 calories $\times \frac{6}{1000} = 5, {}^3/_4$ calories par équivalent de carbone fixe. Le gaz $CO^2 + 2H$ absorbant par équivalent de car-

bone 11 calories ; si le vent lui apporte 5, $^{3}/_{4}$ calories, c'est donc plus de la moitié du calorique nécessaire pour sa production et le gaz CO + H absorbant par équivalent de carbone 15 calories, le vent apporte donc dans le gazogène plus du tiers du calorique nécessaire à sa production.

En pratique, la surchauffe du vent, peut apporter dans les gazogènes de la vapeur qui, jusqu'à la température de 500° et même de 550°, se comporte comme l'azote ; donc, sans le moindre inconvénient, et d'un autre côté cette surchauffe apporte dans les gazogènes la moitié du calorique utile à la production de $CO^2 + 2H$ et le tiers du calorique nécessaire à la production de CO + H : d'où il faut conclure, que la production d'un gaz riche des gazogènes (gaz mixtes), ne peut se faire qu'à la condition de souffler ces appareils au vent fortement surchauffé, soit à 300° au maximum, les appareils calorifères continus étant métalliques, ne pouvant pas pratiquement fournir du vent à une température supérieure à 300°, qui était celle des anciens appareils à air chaud des hauts fourneaux, avant les Cowper (1).

La surchauffe du vent a un effet secondaire ou accessoire pratique du plus grand intérêt, pour la production du gaz destiné aux moteurs à gaz ; vu que dans les gazogènes soufflés au vent froid, l'effet des charges et du décrassage des grilles, produit une perturbation qui rend le gaz mauvais et inutilisable pendant dix, vingt et même trente minutes, mais avec le soufflage au vent chaud entre 250° et 300°, la perturbation produite par le chargement est nulle (avec la prise de gaz centrale) et celle due au décrassage ne dure que deux à cinq minutes au plus ; ce qui est un très grand avantage et une très grosse économie (2).

(1) Les appareils à vent chaud Cowper, beaucoup plus coûteux, pourraient être employés avec un grand succès, si on n'est pas arrêté par leur prix d'installation, comme on ne l'est pas pour les Hauts Fourneaux.

(2) Le soufflage au vent chaud à 250° par exemple (d'air et de vapeur), en bonne proportion, donne toujours un gaz mixte riche, sans augmentation de la température sur la grille ; car plus la surchauffe est grande, plus la quantité de vapeur décomposée en $CO^2 + 2H$ et CO + H est considérable et s'oppose à l'accroissement de la température, produisant la fusion des cendres et la formation des mâchefers. Donc, avec beaucoup de vapeur, on peut fortement surchauffer sans augmenter la température interne d'un gazogène. Le soufflage au vent chaud a encore le grand avantage de s'opposer aux dérangements d'allure des gazogènes, et voici pourquoi : dans les gazogènes comme dans les fourneaux à cuve, il se produit de continuelles buttées, encombrements, suspensions de charge, etc., d'autant plus que l'appareil est de petit diamètre et que les morceaux de combustible, coke, anthracite, lignite, etc., sont gros et volumineux, peuvent se caler réciproquement, plus ou moins, bourrés par les cendres. Les vides qui se forment ainsi dans la cuve des gazogènes, donnent lieu à des combustions anticipées, à une température exagérée et à la production de CO^2 et de HO (donc à des brûlés ou fumées). Quand l'éboulement du combustible se produit, il y a une grande perturbation due à ce que les zones de tempé-

§ 6. — Difficultés pratiques s'opposant à l'utilisation des chaleurs perdues par les gazogènes.

Le tableau de renvoi du paragraphe 20 de mon mémoire de mai 1899, déjà cité, donne la température de la sortie des gaz des bons gazogènes, soufflés à la vapeur surchauffée avec l'air. dans les proportions indiquées au paragraphe 5 ci-dessus. Comme on peut le voir, même avec l'anthracite, la température du gaz n'est pas assez grande pour fondre le plomb ; c'est-à-dire que si l'on avait des récupérateurs, comme ceux que l'on trouve dans les planches de mon mémoire de 1886 (au 13[e] Congrès de la Société technique de l'Industrie en France), on reconnaîtrait bien vite, comme je l'ai fait à cette époque, qu'il est très difficile avec du gaz à 300° de chauffer du vent (mélange de vapeur et d'air) à plus de 120° à 130°, au moyen d'une surface de chauffe démesurément grande, donc très coûteuse pour un bien faible effet utile, et encore faudrait-il que la surface de transmission du calorifère ou appareil à vent chaud, reste et fût tenue en parfait état de propreté ; car même avec le coke, les parois se tapissent de poussière adhérente, qu'il faut enlever à la brosse ; avec l'anthracite, les parois se recouvrent d'une incrustation qui est un mélange de poussière et noir de fumée, agglomérés par du goudron qui, en se desséchant, forme un mastic incrustant des plus dur et très peu conducteur de la chaleur : avec les houilles, lignites, tourbes et bois, la température est tellement basse, qu'aucune récupération n'est possible ; d'un autre côté, le faible enduit de goudron épaissi par le noir de fumée, qui tapisserait les parois d'un appareil à vent chaud, réduirait à rien sa conductibilité, donc l'action utile d'un tel appareil est souvent complètement nulle ; c'est pourquoi depuis 1889, j'ai condamné comme inutiles les récupérateurs à la suite des gazogènes. Enfin, il ne faut pas oublier que ces appareils peuvent devenir dangereux, car le vent étant à une pression supérieure au gaz, la moindre fuite peut être un très grand danger d'explosion, surtout si le gaz des gazogènes est emmagasiné dans des gazomètres. Certains constructeurs comme nous-mêmes, ont pensé à faire de la cuve

ratures décroissantes depuis la grille jusqu'à la sortie du gaz, se trouvent bouleversées et les perturbations qui s'en suivent donnent du mauvais gaz pendant quinze, trente et quarante-cinq minutes et même une heure, ce qui pour un moteur à gaz est une cause d'arrêt : avec le vent chaud les zones de transformation de CO^2 en $CO^2 + C = 2\,CO$, étant beaucoup plus basses, les éboulements de combustibles sont sans actions appréciables sur la qualité du gaz qui reste toujours bon ; ce qui permet, dans beaucoup de cas, de remplacer les gazomètres par de simples régulateurs, le gaz restant pratiquement constant.

de leurs gazogènes un récupérateur. En général, cette récupération peut donner au vent une température de + 50°; donc, si l'air est à + 15°, le vent peut arriver à celle de + 15° + 50° = + 65°, ce qui est bien peu de chose. Mais si la cuve des gazogènes est garnie, sous sa tôle d'enveloppe, d'un bon matelas calorifuge de chaux vive comprimée, la perte pratique de ces appareils est nulle; alors ne vaut-il pas mieux conserver le calorique dans l'intérieur desdits appareils que de chercher à récupérer, plus ou moins partiellement, le calorique qu'ils n'auraient pas dû perdre et qui peut être mieux utilisé en totalité dans l'intérieur des gazogènes à la production des gaz à l'eau, sans déperdition, puisque cette utilisation est directe et non le résultat d'un intermédiaire rendant au plus 50 0/0. C'est pour cette raison qu'aujourd'hui la récupération du calorique perdu par les gazogènes, est abandonnée, puisque si ces appareils sont bien faits, les pertes auxquelles ils peuvent donner lieu sont sans utilisations pratiques notables et la simplification qui en résulte est aussi une grande économie de construction.

Seul M. Mond et ses imitateurs font un très grand et très large usage de la récupération: ce qui s'explique facilement, puisque pour arriver au maximum de rendement ammoniacal, ils emploient 5 *kg* de vapeur par kilogramme de carbone fixe, ce qui les oblige, et avec succès, à faire de la récupération, pour utiliser pratiquement le calorique latent, réclamé par la production de la vapeur: de sorte que l'ensemble des appareils récupérateurs Mond peut être comparé, en ce qui concerne l'utilisation du calorique latent, à un triple effet de sucrerie. Si M. Mond était obligé de produire de la vapeur vierge pour les besoins de ses gazogènes, c'est une dépense de 5 *kg* × 640 calories = 3200 calories, qu'il ferait par kilogramme de carbone fixe ou de $\frac{3200 \text{ calories}}{2} = 1\,600$ calories par kilogramme de splint-coal, qui n'en renferme que 6 500, donc la perte serait $\frac{1\,600 \text{ calories} \times 100}{6\,500 \text{ calories}} = 23$ 0/0, rien que pour la production de la vapeur qui, surchauffée avec l'air à 250°, absorberait encore :

a) pour la vapeur 5 *kg* × 0,48 × (250° — 100°) = 360 calories . . . .
b) pour l'air 2,5 m^3 × 1,3 × 0,24 × 250° = 195 calories . . . .
} 555 calories.

qui représenterait une perte de $\frac{535 \text{ calories} \times 100}{6\,300 \text{ calories}} = 8,12\ 0/0$.

De sorte que la perte totale serait de 23,0 0 + 8,12 0/0 = 31 à 33 0/0 ; en pratique industrielle (1), c'est ce qui fait que les appareils de M. Mound ne présenteraient aucun interêt pratique (2), si le but de leur établissement n'était pas la fabrication du sulfate d'ammoniaque, qui est pour son auteur un très grand succès, dont on ne saurait trop le féliciter. On peut voir au paragraphe 19 de mon mémoire de mai 1899 (déjà cité), les beaux résultats économiques auxquels M. Mond est arrivé en production de sulfate d'ammoniaque.

§ 7. — Qualités ou propriétés que doivent avoir les combustibles pour bien se comporter dans les gazogènes à cuve.

Pour qu'un combustible se comporte bien dans un gazogène à cuve, il faut qu'il y descende comme le coke dans un cubilot ou un haut-fourneau, de façon à n'y jamais faire de voûte, chambre, suspension de charge, etc., ayant pour effet de déranger la marche régulière du gazogène, où la décroissance ou stratifications des zones de températures depuis la grille, où l'introduction du vent se fait, jusqu'à la sortie du gaz de cet appareil, qui doit être en abaissement de température graduel et méthodique, depuis 1 100° par exemple, jusqu'à 400 et 250° avec les combustibles riches en matières volatiles.

Ici je ne dirai rien des dérangements de marche dus au mâchefer, nous étant assez longuement expliqué sur ce point au sujet de l'action de la vapeur d'eau sur la vitrification des cendres des combustibles.

Les cokes, depuis la grosseur 0,100 *m* jusqu'à celle de 0,010 *m* se comportent bien au gazogène à cuve, mais à la condition d'être dépoussiérés ; il en est de même pour les anthracites et les houilles anthraciteuses. Mais toutes les houilles à coke doivent être écartées, car elles donnent des voûtes de coke, qui en moins d'un jour souvent, par le bloc impénétrable qu'elles forment,

(1) La perte commerciale serait de $\frac{32}{0,80} = 40,0/0$ en admettant que le grand rendement exceptionnel soit de 80, 0/0 pour la chaudière et l'appareil à vent chaud.

(2) Vu la très grande immobilisation de capital qu'ils réclament pour leur installation.

force à la mise hors feu et quelquefois à un démontage partiel. Les houilles d'Écosse, dites splint-coal (houille ligniteuse), les lignites, les tourbes et le bois scié en petits blocs de 0,100 *m* à 0,150 *m* ou plus, se comportent très bien aux gazogènes cylindriques à cuve. Il faut éviter les gros morceaux de combustibles, principalement dans les appareils de petit diamètre, vu que ceux-ci peuvent être, en s'arc-boutant, la cause de suspensions de charges et donc de dérangement d'allure, donnant plus de fumées (gaz brûlés) que de gaz combustibles.

Les briquettes de poussiers d'anthracite de coke, de houilles maigres, de lignites, de tourbes, etc., se comportent aussi très bien aux gazogènes à cuve, si elles sont faites avec des combustibles ne collant pas au feu et si elles ont assez peu de brai, pour ne pas se coller entre elles; en général, deux briquettes superposées de houille maigre ne se collent pas en cornues, chauffées même à la température du blanc éblouissant; toutes les briquettes des combustibles, qui au grand feu ne donnent pas de soudage et d'agglomération sont donc d'un très bon emploi, qui n'a que le défaut d'ajouter au prix du combustible, celui de la fabrication des briquettes, qui souvent est supérieur à celui du combustible lui-même (1).

L'emploi ou l'usage des poussiers fins est souvent impossible dans les gazogènes à cuve, vu la résistance qu'ils présentent au passage du vent et du gaz. Cette résistance est tellement grande qu'elle arrive à faire refouler le vent dans les ventilateurs Root à haute pression, ainsi que sur les souffleurs Kœrting, les plus parfaits. Si, grâce à une pression élevée, le vent traverse le poussier, celui-ci est enlevé par le courant (de vent) sans gazéification aucune, car même la combustion n'est pas possible pour de tels poussiers sur des grilles ordinaires.

Comme nous l'avons déjà vu, certains poussiers maigres sont tellement rebelles à la combustion que, même à l'état de mélange intime, avec des poussiers de houilles donnant du coke bien formé, il n'y a pas moyen de les gazéifier, on les retire du joint hydraulique ou de la grille, tels qu'on les a chargés au gueulard, moins les matières volatiles qu'ils renfermaient, 3 à 6 0/0. Mais ces mêmes poussiers à l'état de briquettes, comme les houilles et anthracites dont ils proviennent, employés à l'état de gailletterie, chatille, tête de moineau et grésillon, se comportent très

(1) On fait aussi de très bonnes briquettes à la chaux hydraulique, très bon marché de fabrication (2 *f* par tonne). Voyez dans mon ouvrage sur *les Combustibles*, p. 144, § 122.

bien sous tous les rapports. Seuls, les poussiers sont inutilisables en nature.

Quant aux poussiers de houilles à coke, il est inutile d'en parler, il n'y a rien à en faire *seul* dans les gazogènes à cuve (1). Mais les poussiers de certains flénus, avec un continuel piquage des charges dans le gazogène, peuvent être employés, ceux de splint-coal, de lignite et de tourbe peuvent être utilisés avec un peu de gailletterie : c'est le poussier ou fine du tout-venant de ces combustibles.

Comme on le voit, il n'y a à écarter des gazogènes cylindriques à cuve, que les houilles donnant du coke et les poussiers résistant au passage du vent sous des pressions supérieures à 0,600 *m* de colonne d'eau, car même avec l'injection centrale du vent et la prise centrale du gaz, le vent gagne les parois de la cuve, sous les plus fortes pressions et file le long de ces parois, entre parois et combustible qui brûle en partie en ne donnant que de l'acide carbonique : il se forme à la circonférence, un anneau rouge de combustion de 25 à 30 *mm* et la masse du combustible reste noire et inerte.

§ 8. — Précipitation des poussières, condensation des goudrons et lavage du gaz des gazogènes soufflés.

Quand le gaz doit être consommé sur place par des fours à faible distance de leurs gazogènes, 0 *m* à 4 et 5 *m*, aucune épuration n'est utile, car le gaz arrive aux brûleurs des fours avec sa chaleur qui peut varier entre 800° pour le coke et 300° pour les houilles à 35 0/0 de matières volatiles. Comme il y a intérêt à utiliser ce gaz avec son calorique et ses vapeurs de goudron, etc., qui pour certaines houilles représentent 10 à 15 0/0 de leur pouvoir calorifique, il n'y a donc aucune raison pour faire subir au gaz une coûteuse et inutile épuration, qui serait ensuite une perte de 10 à 15 0/0 de calorique du combustible gazéifié. Donc, dans ce cas, l'épuration doit être impitoyablement écartée comme onéreuse et inutile.

Mais, si les fours sont à une distance de 30, 50, 100 *m* et plus de leurs gazogènes, le refroidissement, quoi que l'on fasse, ramène

(1) A moins de les transformer en briquettes à la chaux hydraulique comme je l'ai dit ci-dessus.

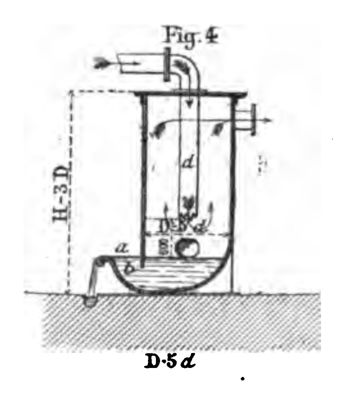
le gaz à de très basses températures, 20 à 40°, lequel provoque le dépôt du noir de fumée, des goudrons et de l'eau ammoniacale; dans ces conditions, il est indispensable d'arrêter ces produits à leur sortie des gazogènes afin d'éviter l'encrassement de leurs tuyaux de conduite, qui produiraient des arrêts toutes les semaines. Pour retenir les poussières, noir de fumée, goudrons et eaux ammoniacales, on a généralement recours à un siphon condenseur (1). Cette épuration par le siphon est bien suffisante, tant qu'il ne s'agit que de fours métallurgiques, puisqu'elle peut assurer la marche d'une installation pendant une année, sans arrêt pour cause de nettoyage, ce qui est parfait dans ce cas.

Mais s'il s'agit d'envoyer le gaz dans des gazomètres et à des moteurs à gaz, il n'en est plus de même, car l'épuration doit être très complète et absolue, pour un grand nombre de causes que je ferai connaître plus loin.

a) Poussières des gaz de gazogènes soufflés.

Si le gaz produit est celui de coke, principalement de coke d'usine à gaz qui est généralement poussiéreux et très cendreux, depuis 8, 0/0 au moins jusqu'à 30, 0/0, il est indispensable d'avoir recours au siphon à poussière, pour le débarrasser de celle-ci qui est soulevée (par le gaz) sous l'action de la soufflerie.

Ce siphon a généralement un diamètre cinq fois plus grand que celui de la conduite de gaz à épurer et sa hauteur est égale à trois grands diamètres. Comme la figure 4 ci-contre le fait voir, le fond de ce siphon est à joint hydraulique *a*, continuellement alimenté par un petit courant d'eau, pour faire la compensation à l'évaporation et, comme les flèches l'indiquent, le courant de gaz est lancé de haut en bas, sur le plan d'eau qui fait fonction de joint et de soupape de sûreté, les poussières transportées par le gaz, précipitées dans l'eau forment une boue qui se dépose dans le fond du joint hydraulique et que de temps en temps on enlève avec une pelle-drague ou une raclette, en la retirant sur plan incliné *b* du joint. Cette épuration, très sommaire, peut



(1) *Bulletin* de mai 1899 *(Pl. 217, fig. 14, 15 et 17).*

convenir dans beaucoup de cas pour les chauffages industriels, mais est loin de satisfaire aux exigences des moteurs à gaz, qui réclament une épuration à fond ; dans ce cas, le gaz sortant du siphon à poussières passe dans un laveur (Scrubbers) (*fig. 12, Pl. 26*) où il reçoit des pluies d'eau successives en traversant 8 à 12 cascades, puis il filtre à travers un caisson à coke grésillon semblable à celui des colonnes à coke des usines à gaz d'éclairage où, là, il s'épure complètement, si l'eau de lavage est distribuée avec une grande abondance.

Plus tard, en traitant la question de l'épuration du gaz des hauts-fourneaux, donc de coke, dans les conditions de marche spéciales de ces appareils, je ferai voir qu'un simple lavage est insuffisant pour épurer complètement ce gaz, qui réclame une combinaison de chocs joints au lavage pour être employé industriellement et pratiquement par les moteurs à gaz, vu l'épuration absolue qu'ils réclament.

. . .

b) Goudrons des gaz de gazogène.

Les goudrons des gazogènes carrés à plan incliné de distillation, à grille à gradins marchant à l'air libre, sont sensiblement les mêmes que ceux des cornues pour le gaz d'éclairage, pour une même houille gazéifiée, le courant gazeux n'enlevant pas les cendres les plus légères; donc, ce goudron, comme celui des cornues est pur ; à l'incinération, il est au-dessous d'une teneur à 0,3 0/0 de cendre. Mais ces conditions ne sont obtenues qu'à la condition de n'avoir pas de combustions anticipées dans les gazogènes, sans quoi il se produit du noir de fumée en abondance, à tel point qu'en mauvaise allure le goudron disparait complètement pour faire place au noir; cette allure est celle de plus de la moitié des gazogènes du type dit Siemens.

Comme même dans les cornues on ne peut pas éviter complètement la production du noir de fumée, il s'en produit toujours un peu dans les gazogènes les mieux conduits : ce noir de fumée se mêle au goudron qu'il rend épais et pâteux, d'un écoulement d'autant plus difficile que la quantité de noir de fumée est grande.

La marche des gazogènes à cuve, soufflés, étant très active ou intensive, donne des goudrons alliés à du noir de fumée, à de la poussière de combustible plus ou moins imparfaitement distillée et à de la folle poussière des cendres chassées par la souf-

flerie ; en général, ces goudr ons ne vont pas loin, aussi est-il bon de les précipiter dans un siphon à goudron comme celui de la figure 4 ci-dessous (1), placé le plus près possible des gazogènes. Quand on dissout ce goudron des gazogènes soufflés, par de la benzine, de l'éther sulfurique, des essences de pétrole ou du sulfure de carbone, les huiles de goudron sont dissoutes et donnent une couleur ambrée au liquide dissolvant ; le noir de fumée, les poussières du combustible et les cendres sont précipitées ; quelquefois un liquide huileux ambré surnage quelques instants à la surface du dissolvant. Cet essai du goudron fait donc bien voir qu'il n'est qu'un mélange pâteux de corps étrangers alliés à un hydrocarbure lourd, c'est-à-dire ne donnant de vapeur qu'à des températures relativement élevées 150 à 200° et au-dessus.

Mais tous les hydrocarbures qui se trouvent former l'huile brute de goudron, sont volatils à des températures inférieures à 0° et depuis 0° jusqu'à 350° environ, en quantités des plus variables : de sorte que quand le goudron visqueux se colle le long des tuyaux de conduites de gaz, celui-ci par dissolution enlève au goudron ses parties les plus volatiles ou essentielles, qui alors devient de plus en plus dur, au point de former de véritables incrustations que l'on ne peut plus enlever qu'au burin.

c) Goudrons vésiculaires vagabonds des gazogènes.

Ces goudrons se forment en sortant des gazogènes, ils traversent les réfrigérants dits jeux d'orgue, les laveurs et les épurateurs à filtres superposés à sciure de bois, ils échappent au condenseur à chocs Pelouse et Audouin et vont flotter des journées entières dans des gazomètres de la capacité de 150 à 200 m^3, où la vitesse ascensionnelle du gaz, due à des dispositions spéciales, est inférieure à 0,003 *m* et demi à la seconde ; à laquelle vitesse correspond une perte de charge ou pression inférieure (exprimée en colonne d'eau) à moins de 0,0035 *mm*, soit à une pression inférieure au poids de un tiers de gramme par mètre carré. Cette très faible et infinitésimale pression suffit pour tenir ce goudron vagabond indéfiniment en suspension dans les gazomètres. Si, des gazomètres, le dit gaz va à un moteur à gaz des

(1) *Bulletin* de mai 1899 *(Pl. 217, fig. 47).*

types courants, il en cale et bloque les soupapes de distribution en quelques instants, en rendant matériellement impossible la marche de ce moteur. Cette difficulté de faire marcher un moteur à gaz est telle, que des traces de goudron peuvent l'arrêter net, comme celui donné par des anthracites qui, à l'analyse, ne donnent que 3/10 000 de leur poids de goudron; soit 3 *kg* de goudron théorique et total pour un wagon de 10 *t*.

Or, comme il ne va pas au moteur le tiers de ce goudron, il faut donc conclure de ce fait, que un dix-millième (1/10 000 de goudron suffit pour rendre impossible la marche d'un moteur à gaz; soit 0,025 *g* (vingt-cinq millièmes de gramme) par mètre cube de gaz ramené à 0° et à 760.

d) ÉTAT PARTICULIER DES GOUDRONS LÉGERS VAGABONDS DES GAZOGÈNES.

Si on prend dans la boîte à clapet d'introduction de gaz d'un moteur à gaz le goudron qui s'y dépose, on remarque qu'il a la forme d'une véritable mousse, semblable à celle que l'on trouve à l'entrée comme à la sortie du gazomètre (au gazogène, les lignites, les tourbes et le bois donnent aussi des goudrons mousseux). Cette mousse de goudron ne représente généralement que la dixième partie du goudron total et souvent moins; elle flotte sur l'eau trois, quatre et cinq jours avant de se précipiter dans les citernes à goudron. Si on prend une certaine quantité de cette mousse, et si on la met dans une éprouvette remplie d'eau, on la voit flotter, mais si on chauffe l'éprouvette jusqu'à 75°, la mousse de goudron devient liquide, une partie flotte au-dessus de l'eau et devient limpide avec une couleur ambrée, puis les poussières qu'elle a véhiculées se précipitent au fond de l'eau sous forme de boue goudronneuse noire. Ce précipité, comme le premier, est composé de goudrons lourds, de cendres et poussières du combustible chargées de noir de fumée; la séparation et le précipité sont instantanés dans l'eau à 99° je ne dis pas à 100°, car l'ébullition tumultueuse fait mousser à nouveau le goudron qui, comme une crème fouettée, vient surnager sur l'eau bouillante pour se précipiter à nouveau à 85° par refroidissement.

On peut se demander comment des corps plus lourds que l'eau peuvent flotter, non seulement sur l'eau, mais encore dans du gaz d'une densité inférieure à celle de l'air (900 à 1 000 fois plus léger que l'eau); l'examen à la loupe de la mousse de goudron

fait voir qu'elle est formée d'une multitude infinie de petites sphères creuses ou vésicules remplies de gaz, où domine l'hydrogène au moment de sa formation, une pellicule de goudron recouvre ces vésicules qui en fait une variété de bulles de savon; mais pour les bulles de savon l'eau, en s'évaporant, laisse tomber le savon en poussière et les bulles crèvent; les enveloppes sphériques sont rompues, tandis que les bulles de goudron ayant leurs enveloppes visqueuses capables de résister longtemps à l'évaporation et à la diffusion, sont entraînées par le gaz, dans toutes ses canalisations jusqu'aux gazomètres d'où, de là, malgré un séjour prolongé, elles arrivent au moteur à gaz qu'elles bloquent en quelques instants, principalement parce que dans la boîte à soupape de distribution la température y est assez élevée (50° à 80°). La chaleur fait fondre et couler le goudron qui, en se desséchant, bloque la soupape et sa tige dans sa douille.

On conçoit que si de l'anthracite à $\frac{3}{10\,000}$ de goudron à l'analyse et à moins de $\frac{1}{10\,000}$ dans son gaz, soit à 1 *kg* dans $10\,000\ kg \times 4{,}360\ m^3 = 43\,600\ m^3$ de gaz à + 15° et à 760, ou encore à $\frac{1\ kg}{43\,600\ m^3} = 0{,}023\ g$ par mètre cube, est incapable d'assurer le service d'un moteur à gaz à explosion; des houilles-splint d'Écosse, des lignites, des tourbes, des bois, etc., à 4,5 et 7, 0/0 de goudron, c'est-à-dire des combustibles à 40 et 70 *kg* de goudron à la tonne, le seront encore beaucoup moins et je pourrais ajouter, le sont totalement jusqu'ici; car les moindres traces de goudron font rejeter non pas seulement les bois, les tourbes, les lignites et le splint-coal, mais encore d'excellents anthracites et houilles anthraciteuses pour des traces infinitésimales de goudron, qu'on trouve un jour et pas le lendemain.

Comme il est facile de le comprendre, les moteurs à gaz de grande puissance, ne pouvant marcher au pétrole, pas plus qu'au gaz d'éclairage (1), en sont donc réduits à ne pouvoir employer que du gaz de coke ou d'anthracite, etc., ce qui en limite considérablement les applications. Car si le moteur à gaz fait une économie thermique de 50, 0/0 sur la machine à vapeur, si le combustible qu'il emploie coûte le double, à égalité de calorique contenu, que celui brûlé par les chaudières de la machine à vapeur, la dépense en argent est la même, et, donc, il n'y a

(1) Vu les prix relatifs très élevés de ces combustibles de luxe.

plus d'économie : mais, si l'anthracite consommé coûte trois et quatre fois plus cher que la houille ou le lignite, le moteur à gaz, loin d'être économique, devient onéreux. Plus loin, je ferai voir ce que nous avons fait pour permettre aux moteurs à gaz de consommer et de marcher avec des combustibles résidus et bon marché, comme avec les combustibles goudronneux. Certains goudrons de lignite dissous par la benzine donnent une matière grise spongieuse, qui flotte entre la benzine et l'eau; donc, cette matière est plus légère que l'eau et plus lourde que la benzine.

§ 9. — Valeur du pétrole considéré comme combustible.

Ici, par pétrole, il faut entendre et comprendre toutes les huiles minérales, employées par l'Industrie, pour l'éclairage et le service des automobiles. Le pétrole courant du commerce a une puissance calorifique de 10 700 calories par kilogramme. La tonne de pétrole coûte, en temps ordinaire, 42 *f* à New-York; en Europe, où il n'est pas imposé, 75 *f*; et, en France, 170 *f*. Si nous le comparons à la houille à 7 500 calories, à 12 et 15 *f* en Angleterre et en Allemagne, et à 25 *f* en France, on voit qu'il faut $\frac{10700 \text{ calories}}{7500 \text{ calories}} = 1{,}426\ kg$ de houille pour remplacer 1 *kg* de pétrole. Si 1 *kg* de pétrole coûte, en Allemagne et en Angleterre, 7,1/2 *c*, son équivalent en houille coûte $1{,}2\ c \times 1{,}426\ kg = 1{,}7112\ c$ à $1{,}5\ c \times 1\,426 = 2{,}14\ c$; donc, le pétrole coûte 4 fois à 3 fois 1/2 plus cher que la houille et donc, on ne peut songer, dans ces pays, à faire, du pétrole, un combustible industriel. En France, l'équivalent en houille du pétrole vaut, au maximum, $2{,}5\ c \times 1\,426 = 3{,}565\ c$; donc, le pétrole coûte plus d'une fois plus cher que la houille, sans droits de douane, et, avec droits de douane (17 centimes) $\frac{17\ c}{3{,}565\ c} = 4$ fois 3/4 plus cher. Si, avec un moteur à gaz de gazogène, en France, la dépense est de 0,600 *kg* de combustible par heure et par cheval (admettons que c'est de la houille anthraciteuse à 40 *f* la tonne), la dépense horaire par cheval effectif sera donc de $4\ c \times 0{,}6\ kg = 2{,}4\ c$; et, si un autre moteur semblable marche au pétrole en consommant par heure et par cheval effectif 0,300 *kg* (ce qui est une bonne marche, très rarement atteinte), la dépense horaire sera

de 17 c $\times$ 0,300 *kg* = 5,1 c, soit beaucoup plus que le double que pour la marche au gaz; mais, si le combustible employé par le moteur à gaz est du grésillon d'usine à gaz à 12 *f* la tonne, la dépense sera de 0,800 *kg* de grésillon; soit par cheval effectif et par heure de 0,800 *kg* $\times$ 1,2 *c* = 0,96 *c* à 1 *c*; donc, 5 fois meilleur marché que pour la marche au pétrole.

Comme on le voit, en France, les automobiles et voitures de luxe, ainsi que les petits moteurs à gaz peuvent employer le pétrole, vu que pour de tels emplois on ne compte pas avec la dépense; les amateurs se procurent un plaisir et se donnent une satisfaction, en disant, il est vrai, que s'ils avaient un chauffeur coûtant 6 *f* pour 12 heures de travail, pour une force de 4 *ch*, l'heure de ce chauffeur coûterait 0,50 *f*, qui, par cheval-heure, mettrait à $\frac{0{,}50\ f}{4\ ch} = 12{,}1/2\ c$ le travail du chauffeur, et, comme le cheval-heure ne coûte que 0,051 *f* en pétrole, il y a donc, de ce fait, une économie réelle qui se réduirait à rien avec un moteur de 10 *ch* effectifs. Le même raisonnement peut se faire pour l'emploi de l'alcool comme combustible.

Malheureusement, tout le monde ne peut pas se procurer du pétrole au prix de 0,17 *f* le kilogramme, car le pétrole lampant, au prix de gros, est de 0,37 *f* le kilogramme, et les essences employées pour les automobiles sont au prix de 0,40 à 0,50 *f*, bien entendu sans droit d'octroi de ville; alors, à ces prix, qui sont les prix commerciaux les plus bas, le moteur à pétrole coûte donc cinq à dix fois plus cher, par heure et par cheval effectif, que le moteur semblable marchant au gaz d'anthracite ou de coke d'usine à gaz d'éclairage.

§ 10. — Valeur du gaz à l'eau pour le chauffage et les moteurs à gaz.

Dans mon mémoire à la Société des Ingénieurs civils de France, au *Bulletin* de mai 1899, et dans un second mémoire de juin suivant, j'ai donné de nombreux renseignements sur les gaz à l'eau et sur leur unique emploi industriel jusqu'ici, qui est le soudage des tôles et barres de fer et d'acier à découvert, soit sans four et en plein air; pour ce genre de soudage, le gaz à l'eau est sans rival. Mais, ici, je n'ai à le considérer que pour le chauffage en général et pour la force motrice.

Depuis vingt ans, un grand nombre d'inventeurs, plus de

trente, ont perfectionné les procédés de feu Teissié du Mothay, et, à les en croire, chacun d'eux a le meilleur système. Actuellement, deux procédés se disputent les faveurs des amateurs, celui de MM. Dellewick et Fleischer et celui de M. Strache. Les appareils de M. Strache ne sont que des dispositions très ingénieuses, dont les principales applications remontent à plus de vingt ans; M. Strache utilise la chaleur perdue de la production du gaz de fourneau (gaz Ebelmen) à chauffer des accumulateurs récupérateurs (1) qui restituent le calorique accumulé à la vapeur pour la surchauffer au maximum pratique, soit à 900°; après quoi, celle-ci traverse le combustible (coke) qui remplit le gazogène, pour se dissocier et produire le gaz à l'eau CO + H. Ici, il est bon de remarquer, que si l'on pouvait surchauffer la vapeur à la température de 3 600°, elle pourrait se dissocier en totalité et se transformer en gaz à l'eau pur, en traversant le combustible, sans lui prendre de la chaleur (soit du calorique), car l'appareil serait continu : il est inutile de parler de cette marche idéale, puisque c'est à peine si nous pouvons surchauffer seulement la vapeur à 900° environ.

De leur côté, MM. Dellewick et Fleischer assurent que le meilleur accumulateur est un bon coke métallurgique, dur, sonore, parfaitement bien cuit, que leur gazogène ne donne que $Az + CO^2$ pour le chauffage et CO + H en production du gaz à l'eau. Ce résultat est obtenu au moyen d'une combustion étagée, qui donne de l'air en excès au combustible, afin d'éviter la formation de CO ou de le brûler dans le gazogène même, si CO s'y produisait intempestivement, afin qu'à l'échappement il n'y ait que CO^2 avec Az. Depuis cinq à six ans, M. Dellewick seul, ou en collaboration avec M. Fleischer, a modifié et perfectionné huit à dix fois leurs appareils générateurs de gaz. Aujourd'hui, ces Messieurs assurent qu'ils arrivent à faire le gaz à l'eau le plus riche connu, avec un rendement thermique de 85, 0/0; ce qui est vrai, si on ne compte pas le combustible consommé pour la production de la vapeur et pour la machine du ventilateur à haute pression; c'est ce que l'on va voir ci-dessous. $\left(\frac{2{,}555\ m^3 \times 2\,600\ \text{cal.} \times 100}{8\,000\ \text{cal.}} = x = 83,\ 0/0,\right.$ très voisin de 85, 0/0.)

(1) Les premiers gazogènes pour gaz à l'eau construits en Allemagne il y a vingt ans, avaient trois accumulateurs récupérateurs par gazogène. Voir, à ce sujet, ma communication de mai 1882 à la Société de l'Industrie minérale, au Congrès d'Alais (Gard).

Dans le journal *La Revue industrielle* du 29 décembre 1900, nº 52, page 497, à la 3ᵉ colonne, on lit, dans un article dû à un auteur anonyme :

a) Production de gaz Dellewick-Fleischer par kilogramme de carbone (gaz CO + H) ramené à 0° et à 760. . . . 2 m^3

b) Puissance calorifique de ce gaz au mètre cube pris à 0° et à 760. . . . . 2 600 cal.

Après avoir accepté sans réserves les déclarations de MM. Dellewick et Fleischer, nous allons examiner le rendement théorique auquel ils peuvent arriver :

1° Puissance calorifique de 1 *kg* de carbone . . . 8 000 cal.

2° Production théorique de vapeur pour gazéifier 1 *kg* de carbone en CO + H; $1\ kg \times \frac{9}{6}$. . . . . . 1,500 *kg*

3° Carbone ou son équivalent pour vaporiser 1,500 *kg* d'eau dans une chaudière parfaite $\frac{1{,}500\ kg}{9\ kg}$ 0,166 *kg*

3° *bis*. Carbone ou son équivalent pour la machine à vapeur de la soufflerie. . . . . 0,090 *kg*

4° Combustible total ou son équivalent en carbone pour produire 2 m^3 de gaz Dellewick-Fleischer 1 *kg* + 0,166 *kg* + 0,090 *kg*. . . . . 1,256 *kg*

5° Calorique total pour produire 2 m^3 de gaz Dellewick-Fleischer, 1,256 *kg* × 8 000 calories . . . . 10 048 cal.

6° Calorique total renfermé dans 2 m^3 de gaz Dellewick : 2 m^3 × 2 600 calories. . . . . 5 200 cal.

7° Rendement thermique théorique

$$\frac{5\,200 \text{ calories} \times 100}{10\,048} = x = \quad 52,\ 0/0$$

Si l'on veut tenir compte des pertes par rayonnement, par gaz perdu, par escarbilles, par défaut de combustion, par fausses ou tardives manœuvres des valves d'inversion, etc., ce qui se présente toujours avec l'emploi des ouvriers et surtout avec ceux des postes de nuit, pour les allumages et les décrassages, on est en droit de dire que si MM. Dellewick et Fleischer arrivent à un rendement pratique annuel et au moyen de 0,52 × 0,85 = 43, à 45, 0/0, ils doivent s'estimer très heureux; et, du reste, ce rendement est celui de tous les bons générateurs de gaz à l'eau.

Dans ces derniers temps, on m'a communiqué des résultats d'expériences prouvant que MM. Dellewick et Fleischer obtiennent 2,350 m^3 de gaz par kilo de coke à 8, 0/0 de cendre, soit 2,555 m^3 par kilo de carbone, c'est donc un rendement de 60, 0/0, ce qui est parfait (1).

Mais, chose qu'il ne faut pas oublier, c'est que, pour produire ce gaz à l'eau, il faut brûler du coke de toute première qualité, donc, un combustible très cher, relativement à ceux qui sont gazéifiés couramment par les gazogènes, qui rendent entre 75 et 90, 0/0, puisque, sans inversion, ils se suffisent à eux-mêmes en produisant du gaz depuis 1 200 calories jusqu'à 1 550, au mètre cube ramené à 0° et à 760, avec des combustibles communs et très bon marché. Ces gaz conviennent parfaitement bien pour tous les chauffages industriels, et, en particulier, pour les fours Martin, qui réclament les plus hautes températures industrielles connues. Aussi, partout où l'on a essayé le gaz à l'eau, on l'a abandonné comme trop coûteux, pour le remplacer par le gaz des gazogènes ordinaires, excepté, comme je l'ai dit plus haut, pour le soudage des fers et des tôles en plein air, où il est et restera longtemps sans rival (2); comme en France et en Belgique il n'y a pas d'usine faisant le soudage des tôles au gaz, n'y a-t-il pas une seule usine de gaz à l'eau, proprement dit, jusqu'ici à ma connaissance (3).

Pour les moteurs à gaz, le gaz d'éclairage à 5 350, calories, comme le gaz des hauts-fourneaux à 900, calories, donne un bon mouvement à ces machines et très pratiquement, aussi bien l'un que l'autre; du gaz de gazogène à 1 350, 1 450 et 1 500 calories, le mètre cube à 0° et à 760, leur assurant un excellent service; de sorte qu'on ne voit pas à quoi peut servir un gaz à 2 600 calories, si ces calories coûtent une ou deux fois plus cher que celles des gaz des gazogènes ordinaires; c'est pour cette raison que depuis vingt ans on parle très souvent du gaz à l'eau, sans

(1) Au sujet de ce rendement, que je trouve excellent, je ferai remarquer que le rendement des meilleures chaudières à vapeur ne dépasse pas 75, 0/0; 68, 0/0 est considéré comme un bon rendement, et 60 0/0 comme l'ordinaire général : du reste, les anciens gazogènes Siemens ne rendent pas plus et souvent moins.

(2) Le gaz à l'eau vient de trouver une très heureuse et nouvelle application, qui est celle de boucher les soufflures de pièces en acier fondu moulé; de ce côté, il va trouver un grand débouché, cette industrie prenant un très grand développement.

(3) Excepté pour la production du gaz à l'eau carburé par des huiles brutes de pétrole, huiles lourdes, etc., ce gaz mixte d'éclairage est une bonne addition au gaz d'éclairage pour des productions instantanées et pour relever son titre en pouvoir éclairant qui diminue tous les jours, les houilles à gaz devenant de plus rares en plus rares.

monter d'appareil pour en produire, sauf pour le sondage des tôles en plein vent et la petite forge, bien entendu, où il est sans rival par sa flamme réductrice, non carburante, comme pour boucher les soufflures des pièces en acier fondu moulé.

§ 11. — Gaz mixte des gazogènes.

Comme je l'ai fait voir dans les paragraphes précédents, en soufflant les gazogènes au jet de vapeur ou en additionnant leur vent des ventilateurs de vapeur, ou encore en favorisant l'évaporation de l'eau dans le cendrier des gazogènes, on peut par ces différents moyens donner au vent (air primaire) la quantité de vapeur d'eau que les gazogènes peuvent décomposer utilement pour une nature de combustible donné. On donne encore la vapeur à l'air secondaire, en faisant passer le vent dans une colonne à coke, faisant fonction de saturateur, comme les figures 14, 15 et 31 (1), en font voir une : dans cette colonne, de l'eau chaude, venant de l'échappement d'un moteur à gaz et du lavage du gaz, traverse la colonne par pluie de haut en bas, alors que le vent la traverse de bas en haut et si le vent sort de la colonne à une température de 75° environ, il est chargé de la quantité de vapeur d'eau que le gazogène peut décomposer ; en faisant varier la température de l'eau du saturateur, on donne au vent la quantité de vapeur d'eau requise pour une nature de combustible déterminée.

La quantité de gaz à l'eau ainsi produite au gazogène, est d'environ moitié de ce que le carbone fixe d'un combustible peut donner.

a) 1 *kg* de carbone fixe donne 5,400 m^3 de gaz de fourneau Ebelmen ;

b) 1 *kg* de carbone fixe donne 3,668 m^3 de gaz à l'eau $CO + H_2$ les deux également ramenés à 0° et à 760.

Donc, si 0,500 *kg* sont transformés en gaz de fourneau Ebelmen et 0,500 *kg* sur 1 *kg* en gaz à l'eau, le volume de gaz obtenu à 0° et à 760 sera de $\frac{5,400\,m^3 + 3,668\,m^3}{2} = 4,034\,m^3$. Si le combustible est du coke de choix métallurgique, il faudra multiplier le volume de 4,034 m^3, en pratique, 4 m^3 par 0,87 et pour le coke d'usine à gaz par 0,80 ; mais pour les combustibles gazeux qui

(1) La figure 19 planche 26 fait voir un saturateur surmonté d'un laveur.

ne donnent que 50 0/0 de carbone fixe, il faudra multiplier les 4 m^3 par 0,50, auxquels il faudra ajouter depuis 0,250 m^3 jusqu'à 0,300 m^3 qui sont les quantités de gaz non condensables ou fixes données par la distillation de ces combustibles; de sorte que la formule du volume de leur production totale par kilogramme, les gaz produits étant ramenés à 0° et à 760 est: $(4\ m^3 \times 0{,}5) + Q_o = V$, le volume Q variant entre 0,250 m^3 et 0,300 m^3 par kilogramme de houille dite flénue et variété de splint-coal écossais.

Comme je l'ai dit dans les paragraphes précédents, plus le vent sera chaud jusqu'à 300° maximum pratique (1), plus on produira de bon gaz avec le minimum de CO^2.

Il est facile de voir que la moitié du carbone peut être gazéifiée par l'oxygène du vent et l'autre moitié par l'oxygène de la vapeur d'eau, vu que par équivalent la réaction:

$O + C = CO$, dégage 14 calories, que celle
$2HO + C = CO^2 + 2H$, absorbe 11 calories, et que
$HO + C = CO + H$, absorbe 15 calories.

Si l'on admet qu'en pratique, on produit les deux gaz à l'eau, puisque la quantité de CO^2 peut varier dans les bons gaz de gazogènes entre 4 et 8,0/0. on voit donc que la moyenne du calorique absorbé est $\frac{11 \text{ calories} + 15 \text{ calories}}{2} = 13$ calories, par équivalent de carbone fixe et que le calorique dégagé ou produit sera de 14 calories par équivalent également de carbone fixe: donc il est permis de dire, que dans un bon gazogène, en pratique, la moitié environ du carbone fixe est oxydé par l'O de l'air et l'autre moitié par l'O de HO. Cette production partielle de gaz à l'eau doit être considérée comme la meilleure en bonne pratique industrielle, puisqu'elle donne suivant les qualités des combustibles, du gaz variant entre 1350 et 1650 calories au mètre cube ramené à 0° et à 760, principalement si les gazogènes sont soufflés au vent chaud (air et vapeur en quantité requise) à 250 et 300°.

§ 12. — Gazogènes à cuve pour fortes pressions de vent.

Il y a aujourd'hui deux types de gazogènes à cuve, c'est-à-dire pouvant marcher avec tous les combustibles, ne donnant pas

(1) A moins d'employer les Accumulateurs-Récupérateurs Cowper.

d'encombrement (voûtes de coke), donc marchant avec tous les combustibles ne donnant pas de voûte, tels que les anthracites, les houilles maigres, les cokes, les lignites, les tourbes et les bois, qui distillent sans que les morceaux, blocs ou éléments composant les charges des gazogènes, puissent s'y souder pour y produire un monolithe (voûte) forçant à mettre hors service; bien entendu, les combustibles résultant d'une distillation préalable en vase clos, comme le charbon de bois et les cokes des usines à gaz d'éclairage et des fours dits à coke métallurgique ne sauraient donner de voûtes et conviennent aussi parfaitement bien pour les gazogènes à cuve.

a) Le premier type est celui à grille, dont on voit un spécimen planche 26, figures 1, 2, 3; il y a un très grand nombre de systèmes de grilles, fixes et mobiles, ayant toutes leurs qualités comme leurs défauts pour les combustibles menus et cendreux, dont les cendres coulent plus ou moins bien ou se scorifient plus ou moins mal, en donnant des gros blocs de mâchefer: comme je l'ai fait voir dans un paragraphe précédent, suivant que la fusibilité des cendres est plus ou moins grande, la marche est de son côté plus ou moins facile et commode. Avec certaines cendres il faut favoriser la fusion par tous les moyens possibles; avec d'autres, il faut s'y opposer fortement au moyen d'une injection de vapeur exagérée dans le vent. Certaines cendres, malgré le plus grand excès de vapeur d'eau, restent fusibles, mais le mâchefer formé sous l'action de la vapeur d'eau est généralement très friable; au moindre choc, il se divise, se réduit facilement en grenailles et en poussière d'une extraction facile. Le gazogène représenté planche 26, figures 1, 2 et 3 est à prise de gaz centrale et donc à échauffement et à distillation graduelle et méthodique, qu'une grande réserve de combustible rend insensible à l'action des charges; aussi le gaz reste-t-il constant en sa qualité. La grille de cet appareil est à courant réfrigérant pour ses parois et réchauffeur pour le vent, elle est à cendrier-bassin pour l'eau d'évaporation, à plan d'eau à niveau constant, le vent débouche dans le cendrier au ras du niveau d'eau et (deux plaques par côté forcent ce vent à traverser la grille plate horizontale afin que la combustion se produise au plus bas du foyer); les deux grilles à gradins ne peuvent donc recevoir qu'un peu de vent, passant à travers les fuites que donnent les deux plaques, juste assez pour que cette petite quantité de vent s'oppose à la sortie de la flamme,

dans les deux caissons des portes; c'est ce qui fait que l'activité de la combustion est presque nulle sur les grilles à gradins et c'est ce qui les empêche de chauffer et de s'altérer. Donc quand le service ne permet pas d'arrêts fréquents pour nettoyer le cendrier et le foyer, on peut laisser le foyer se remplir de mâchefers avant d'arrêter pour le nettoyer; pour ce, on n'a qu'à enlever un barreau à chaque grille à gradins; on tire au crochet d'un côté, les mâchefers que l'on peut pousser du côté opposé; après quoi on remet les barreaux-gradins en place, puis on enlève les deux plaques et avec une raclette on retire les cendres sous forme de boue (qui ont passé à travers la grille plate horizontale), enfin on remet en place les plaques, on ferme les deux portes et on recommence à souffler. Avec ce système de grille, nous avons pu avoir des marches de quatre heures sans arrêt, avec des grésillons de coke de 15 à 25 *mm* de grosseur et à 35,0/0 de cendres, au vent chaud à 200°; le gaz obtenu était des plus riches pour un gaz de coke, soit à 1 350 calories. Ce gazogène est à parois très épaisses avec enveloppe en chaux vive comprimée, pour s'opposer à la déperdition du calorique; attendu qu'il est préférable de ne pas perdre de chaleur, que de chercher à en récupérer, vu que la récupération n'utilise que très partiellement le calorique perdu, d'où il suit que plus on conservera de la chaleur dans l'intérieur d'un gazogène, plus on produira de gaz à l'eau avec celle-ci.

b) Le second type de gazogène à cuve représenté par la planche 26, figures 4, 5 et 6 est à joint hydraulique, les variétés de ces gazogènes sont très nombreuses en Amérique, en Allemagne, en Angleterre et principalement en Écosse. Celui que je donne ici est un des plus perfectionnés, il est à injection de vent centrale et à prise de gaz centrale, afin de forcer le gaz comme le vent, à traverser l'intérieur des charges, au centre du gazogène, et non de cheminer le long de ses parois comme dans le cas du gazogène de M. Mond. Ce gazogène planche 26, figures 4, 5 et 6, a, en plus que les autres du même genre, à joints hydrauliques, deux portes et deux plaques à trous démontables, pour l'enlèvement des mâchefers, dans le cas d'un accident, qui, jusqu'ici, ne s'est pas encore présenté. Et comme pour le gazogène figures 1, 2 et 3, une fraction de vent vient dans les deux caissons fermés par les deux portes de ce gazogène pour s'opposer à la sortie des flammes dans ceux-ci; donc pour rafraîchir les plaques et les empêcher de chauffer. Les portes et les plaques

servent encore à s'assurer que les charges descendent bien et que la marche du gazogène est bonne; des regards vitrés en mica permettent de contrôler la marche du feu, qu'on doit toujours voir par ces regards.

Quant aux cendres et mâchefers, ils s'enlèvent à la pelle-drague et à la raclette, mais avec le grand avantage de permettre le décrassage en marche; chose des plus précieuses, puisqu'à moins d'accident très rare, la marche est sans arrêt et peut durer plus d'une année; ce qui est un très précieux avantage pour les installations ne disposant que d'un seul gazogène, puisque son décrassage n'amène pas son arrêt et permet la marche continue (1).

§ 13. — Soufflerie à vapeur à vent surchauffé.

Les souffleries pour les gazogènes doivent être très simples, elles sont actuellement construites sur trois types : 1° Les ventilateurs à force centrifuge; 2° les ventilateurs épicycloïdaux système Root et 3° les injecteurs à jet de vapeur : dans ces derniers temps, les constructeurs ayant reconnu que dans beaucoup de cas, l'addition d'un jet de vapeur au vent est une chose excellente, ont établi, parallèlement à leurs conduites de vent, des conduites de vapeur qui injectent leur vapeur dans le vent à la base du cendrier ou foyer des gazogènes. Nous-mêmes, nous avons eu l'occasion, n'ayant pas d'autre vapeur que celle de l'échappement de la machine du ventilateur, d'envoyer cet échappement sous la pression, 3 *cm* de mercure = 0,400 *m* d'eau dans le vent des gazogènes, à son introduction dans ces appareils, et on s'en est très bien trouvé, avec les cendres de certains combustibles tels que les splint-coal cendreux : pour d'autres combustibles, l'échappement ne donnant pas assez de vapeur, nous avons posé, parallèlement à la conduite de vapeur d'échappement, une seconde conduite de vapeur vive, venant de la même chaudière, et nous l'avons introduite de la même façon dans le vent des gazogènes; ce qui nous a donné une très bonne marche, avec une consommation totale de 13,0/0 du même combustible, à la chaudière, que celui consommé par les gazogènes (2). En admettant une production de vapeur de 8, *kg* par

(1) La marche continue est encore possible avec les dispositions de la planche 216 de mon mémoire de mai 1899, déjà cité, et de la planche 3 de mon ouvrage sur les combustibles et le chauffage par les gaz. (Bd Tignol, éditeur, 53 *bis*, quai des Grands-Augustins, à Paris).

(2) Pour une consommation de 5 000 *kg* de splint-coal par deux gazogènes, la chaudière a brûlé 650 *kg* de splint dans le même temps (24 heures).

kilogramme de houille, le poids de vapeur injecté dans les gazogènes est de $0,13 \times 8 = 1,04$ à 1 ; donc le poids de vapeur qui traverse les gazogènes est sensiblement égal au poids de houille (splint-coal) chargé au gueulard; ***cette marche à poids pour poids est excellente,*** quand le vent (air et vapeur) est porté à 200°, environ, comme c'est le cas faisant ici l'objet de cette description; mais le chauffage du vent à 200°, 250° et 300° absorbe aussi une certaine quantité de calorique, qui est à la température de 250° de surchauffage de :

a) pour la vapeur $1\,kg \times 0,48 \times (250° - 100°) = 72$ calories. . . . .
b) pour l'air $2,5\,m^3 \times 1,3 \times 0,24 \times 250° = 195$ calories . . . .
} = 267 calories,

qui avec un rendement au calorifère, appareil à vent chaud de 50,0/0, exigent donc 267 calories $\times$ 2 = 534 calories, soit d'un combustible cendreux à 6 500 calories le kilogramme $\frac{534 \text{ calories} \times 100}{6\,500 \text{ calories}} = 8$ à 9,0/0, qui s'ajoutent aux 13,0/0 trouvés ci-dessus pour former un total de $13 + 8 = 21$,0/0 de la consommation des gazogènes. Si ces 21,0/0 ou 1/5 du calorique est donné à titre supplémentaire au gazogène, il est restitué par l'accroissement de la richesse du gaz, soit de son augmentation de pouvoir calorifique; mais si ces 20,0/0 ou 1/5 est donné par le lavage du gaz et par l'échappement d'un moteur à gaz, il y a là, du fait de la production de la vapeur et de la surchauffe, une économie de 21, 0/0 (1), comme je le ferai voir plus loin, en utilisation de chaleur perdue.

Pour les moteurs à gaz, il semble bizarre qu'un constructeur, après avoir fait le procès des machines à vapeur et de leurs chaudières, en décidant de donner la préférence aux moteurs à gaz, à l'exclusion des machines à vapeur, commence par installer une chaudière de 8, à 10, m^2; une machine à vapeur de 4 à 5 *ch* et un ventilateur; alors que le moteur à gaz peut bien faire tourner son ventilateur Root ou centrifuge; au encore fait installer une chaudière et un souffleur à vapeur Kœrting ou autre injecteur de vent à jet de vapeur.

(1) La dépense de 21, 0/0, pour la production de la vapeur et la surchauffe du vent réclame des appareils parfaits : car en général les chaudières du type Dowson consomment 35 à 40, 0/0 pour la production de la vapeur seulement, le 18 mai 1902 en supprimant dans une installation de la puissance de 300 *ch* la chaudière pour la remplacer par un ventilateur, un saturateur et réchauffeur utilisant les chaleurs perdues, nous avons réalisé une économie de 40,0/0 pratiquement et incontestablement.

Plus loin je ferai voir qu'un gazogène et un moteur à gaz disposent largement de calorique actuellement perdu, pour produire la vapeur et la surchauffe du vent entre 200 et 300°, sans recourir à l'emploi d'une chaudière à vapeur et dans ce cas l'utilisation du calorique perdu peut donner lieu à des économies de 17 à 23, 0/0 pouvant réduire la dépense 0,600 *kg* d'anthracite ou de charbon anthraciteux par heure et cheval effectif à 0,600 *kg* $\times$ 0,80 = 0,480 *kg*.

Donc, quand pour simplifier une installation on la souffle au jet de vapeur, on augmente au minimum de 20, 0/0, la dépense d'un gazogène; mais par contre, on a l'avantage d'avoir, par la chaudière, un bon moyen de mise en route après les arrêts, puisque l'on n'a seulement qu'à souffler, *si la chaudière est sous pression convenable de 3 à 4 kg* pour remplir le gazomètre du moteur. Il est vrai, que dès que celui-ci est en bonne marche, la chaudière devient inutile, puisque par un ventilateur Root on peut souffler son ou ses gazogènes.

Une chaudière réclame un continuel travail absorbant, tout le temps, d'un chauffeur mécanicien qui ne peut plus l'abandonner pendant un quart d'heure; on doit donc l'éviter quand on le peut.

Pour se passer de la chaudière, il faut la remplacer par un saturateur *(Pl. 26, fig. 19)*, et si on veut surchauffer le vent, il faut mettre à sa suite, un récupérateur tel que celui de la planche 28, *(fig. 31 et 32)*; mais dans ce cas, on n'a, après les arrêts, aucun moyen de mise en route, autre qu'un moteur auxiliaire, pour faire tourner le Root. Si le moteur principal est de la puissance de 100, de 150 ou 200 *ch*, un petit moteur de la force de 2 à 3 *ch* est bien suffisant; car si le gazomètre renferme le gaz de 15 minutes de marche, pour le gros moteur, il en renfermera pour la marche du petit pour 15 minutes $\times \frac{150\ ch}{3\ ch} = 750$ minutes, soit pour $\frac{750'}{60'} = 12$ h. 30 m., et la mise en marche devient bien simple. Mais comme il faut à tout un commencement, le moteur auxiliaire doit pouvoir marcher à l'essence de pétrole pour la première fois, comme toutes les fois que le gazomètre sera vide, chose rare et peu coûteuse pour le remplir en 15 à 20 minutes au plus.

Cette disposition, avec moteur auxiliaire et carburateur à l'essence de pétrole, n'est pas plus coûteuse que l'installation d'une chaudière; pour les grandes puissances elle est même

beaucoup plus économique, en premiers frais d'établissement; mais si, au moteur auxiliaire, on ajoute un carburateur, un saturateur et un récupérateur, on arrive à un total plus élevé. Alors l'augmentation des frais de premier établissement peut-être sérieusement discutée, malgré l'économie de 20, 0/0 donné par la suppression de la chaudière; vu que dans certains cas, le grand éloignement des moteurs des gazogènes s'oppose à une bonne utilisation pratique des chaleurs perdues; les frais de canalisation, de tuyauterie et d'enveloppe calorifuge, joints à un faible rendement (des appareils récupérateurs à grande distance), font donner la préférence au soufflage par jet de vapeur avec une chaudière-calorifère spéciale à cet effet.

Cette chaudière spéciale *(Pl. 26, fig. 7 à 11)* est formée : 1° d'une chaudière, système Field, divisée en trois tronçons démontables assemblés par boulons; ladite chaudière possède un déjecteur pour recevoir à l'état de boue, facile à évacuer, les sels incrustants; 2° d'un appareil calorifère du type écossais, des meilleurs et anciens appareils à air chaud des hauts fourneaux. Comme ces anciens appareils, cette chaudière peut-être chauffée au gaz, facultativement, afin d'en simplifier le service après la mise en marche.

Ce qu'il y a de remarquable dans cet appareil *(fig. 7 à 11)*, c'est la grande facilité que donnent les heureuses dispositions des systèmes Field et Écossais, pour réunir en un seul appareil un générateur de vapeur à un appareil à vent chaud marchant simultanément (en ne faisant qu'un tout unique). Comme il est facile de le voir, la vapeur de la chaudière souffle un Kœrting, qui refoule son vent dans l'appareil à vent chaud *(fig. 7)*, au besoin on peut augmenter la quantité de vapeur dans le vent par un jet de vapeur vive gouverné par un robinet régulateur indiqué au bas du tuyau de vent du souffleur. Figure 8, on voit le foyer, le tuyau de gaz combustible et la cheminée d'évacuation de la fumée de l'appareil; la figure 9 donne une demi-coupe de l'appareil à vent chaud et une demi-coupe du foyer; la figure 10 fait voir un élément en coupe du calorifère (appareil à vent chaud) et enfin la figure 11, fait voir une disposition qui permettrait de chauffer l'appareil (chaudière et calorifère) par une dérivation de fumée allant à la cheminée, d'un four Martin par exemple, pour utiliser des chaleurs perdues dans ce cas particulier.

En résumé, cette soufflerie à vapeur et à vent surchauffé peut, par sa grille, permettre la mise en route d'une installation de

force motrice, pour moteur à gaz, puis la mise en route étant faite, continuer à fonctionner avec le chauffage par le gaz du ou des gazogènes qu'elle souffle; ce qui est très pratique, en supprimant les difficultés des mises en marche, quand on est dans l'impossibilité de remplir un gazomètre pour la première fois.

Pour terminer, je dois aussi indiquer un moyen de mise en marche très simple, quand le transport de force se fait par l'énergie électrique, et quand, aux transmissions électriques, on ajoute un accumulateur (électrique) d'une capacité de 2 à 3 *ch* pendant trois heures : alors, le mouvement étant donné au Root par une dynamo, on n'a plus qu'à la mettre en communication avec l'accumulateur par son commutateur, et le ventilateur pourra tourner plus d'une heure en soufflant le ou les gazogènes, qui peuvent être mis en état de production d'un bon gaz en un quart d'heure. A ce sujet, sur la planche 26, figures 1 et 4, on voit une cheminée d'allumage, qui dépasse généralement de 2 à 3 *m* le haut du toit des bâtiments voisins; cette cheminée, outre qu'elle sert à la première mise en marche, et, donc, au premier allumage, sert encore, après chaque arrêt, à évacuer les mauvais gaz, car, après un arrêt de quinze, trente, quarante-cinq minutes, une heure ou deux, quand on redonne le vent, suivant que l'arrêt a été plus ou moins long, la stratification des températures successives, depuis la grille jusqu'à la prise de gaz, qui passent de 1 300° et 1 500°, à 300° et 700°, se trouvent détruites, par la tendance à l'uniformité et à l'égalité de toutes les températures d'une même enceinte : donc, à plus forte raison, après un arrêt d'une nuit ou de plusieurs jours, faut-il souffler cinq, dix, vingt minutes, une heure et même deux heures, pour redonner à un gazogène sa bonne allure. Avec les gros combustibles cassés entre 0,050 *m* et 0, 090 *m*, par le simple et naturel tirage d'une cheminée de 15 *m* de haut, on remet un gazogène en bonne allure, sans le secours d'une soufflerie; mais, si le combustible est du grésillon s'opposant à la filtration naturelle des gaz dans le gazogène (pour vaincre la résistance qu'il oppose), il faut souffler : de là, la nécessité des chaudières, ventilateurs, accumulateurs et machines, ou souffleries à jet de vapeur.

Pour une marche quotidienne de dix à douze heures par jour, l'arrêt de nuit réclame tous les matins dix à vingt minutes de travail préparatoire et de soufflage avant la reprise du service, principalement si le combustible est menu et s'oppose au tirage naturel de la cheminée.

§ 14. — Lavage et épuration physique du gaz des gazogènes alimentés de combustibles secs.

Si les gazogènes sont alimentés de coke, de charbon de bois, d'anthracite, de honille maigre, etc., ne donnant pas de goudron, le lavage n'a pour but que de débarrasser le gaz des poussières et cendres chassées par le courant gazeux, dont le poids est très considérable avec certain coke d'usines à gaz d'éclairage. Les laveurs (scrubbers) employés ressemblent assez à ceux en usage pour le gaz des hauts fourneaux; ils se composent, comme les figures 12 et 13 de la planche 26 le font voir, d'un grand cylindre, dont les tronçons sont assemblés à boulons pour en faciliter le démontage; la base de l'appareil est en fonte, pour résister aux eaux acides, et toute la partie supérieure est en tôle de 5, 4, 3 et 2 *mm* d'épaisseur, les premiers tronçons portent des cônes débourbeurs des grosses poussières, et les seconds tronçons sont à vasques perforées, avec rebords à dents de scie, pour multiplier les pluies par tous les moyens possibles. Tous les tronçons sont munis d'autoclaves, pour le nettoyage facile (1). Le dernier tronçon est surmonté d'un cylindre rempli de petit coke criblé à la grosseur de 25 à 35 *mm*; au-dessus du coke se trouve le distributeur d'eau de lavage, qui, par ses quatre rangs de dents de scie fait tomber quatre pluies sur le coke, de façon à le mouiller uniformément; le coke repose sur une grille portant une tôle perforée de trous de 8 *mm* de diamètre. Au-dessus du distributeur à pluie de lavage, se trouve le tuyau de sortie de gaz épuré, qui passe dans un sécheur-égoutteur, débarrassant ce gaz du brouillard qu'il pourrait entraîner.

Le mouvement du gaz, dans cet appareil *(fig. 12 et 13, Pl. 26)*, est celui-ci : 1° le gaz arrive du ou des gazogènes par le bas, dans un joint hydraulique à niveau constant, dont il s'échappe par une denture à dent de scie, pour éviter le bouillonnement; 2° le gaz monte dans les cônes et contre-cônes, en perdant ses plus grosses poussières; 3° en continuant à monter, il traverse les pluies des vasques superposées; 4° le gaz filtre à travers le coke, en traversant l'eau qui s'en écoule; c'est cette filtration dans l'eau qui arrête les dernières poussières; 5° le gaz, ainsi lavé et épuré, monte dans la capacité vide de l'appareil, où il perd la

(1) L'appareil figure 25 *bis*, planche 27, de 1861, modifié en 1873, peut remplir les mêmes fonctions.

plus grande partie de l'eau vésiculaire qu'il a pu entraîner sous forme de brouillard; 6° il s'échappe du laveur pour traverser un sécheur, où le reste du brouillard se précipite et s'écoule, à la retenue d'eau syphon à niveau constant *(fig. 13)*; du sécheur-égoutteur, le gaz peut aller directement aux fours ou foyers, comme aux gazomètres d'un ou de plusieurs moteurs à gaz, ou, encore, traverser des épurateurs-filtres à sec, à laine de bois et sciure de bois chargée d'oxyde de fer et de sulfate de fer, pour subir l'épuration chimique, qui enlève les dernières traces d'acide sulfhydrique, ainsi que l'on fait pour l'épuration chimique du gaz d'éclairage.

Généralement, le gaz entre dans le laveur *(Pl. 26)* à sa température de sortie de son gazogène, soit à la température de 300° à 500°, pour en sortir du sécheur à celle de l'eau, qui varie entre 15 et 25° au plus. Le gaz a besoin d'être fortement refroidi pour ne pas être chargé de vapeur d'eau, qui viendrait en diminuer la combustibilité. Quant à l'eau de lavage, elle entre dans l'appareil par le haut, pour venir s'écouler par les quatre pluies du distributeur, d'où, sous forme de pluie, elle traverse le coke, les plateaux et cônes, pour s'écouler enfin par le syphon du joint hydraulique à niveau constant, les flèches —1—> indiquent le mouvement du gaz, et les flèches —2—> le mouvement de l'eau. Cette eau est introduite dans le laveur entre + 15° et 25°, pour en sortir à des températures variant entre 40 et 70°. L'échauffement étant graduel et méthodique, le gaz sort en moyenne à 20°, alors que l'eau s'en échappe à 60 et même 70° (1).

§ 15. — Lavage et épuration à l'eau chaude des gaz chargés des goudrons vésiculaires, des houilles, lignites, tourbes et bois.

Au paragraphe 8, en C, j'ai traité la question de la formation des goudrons vagabonds, et, le 13 février 1901, j'ai encore eu, à Lille, l'occasion de constater que du gaz de Splint-Coal à 43, 0/0 de matières volatiles, s'échappant de son gazogène à la température de 200° environ, traversant ensuite un syphon réfrigérant en plein air, de 22 *m* de longueur et de 60 m^2 de surface réfrigé-

(1) La planche 27, figure 25 *bis*, fait voir un laveur-épurateur dont la grosse colonne à plateaux GH et IJ a servi en 1861, à laver le gaz d'un haut fourneau traitant des minerais zincifères. Voir la publication industrielle de M. Armengaud aîné de 1860.

rante à l'air en sortait à 40°, en ne laissant dans le syphon condenseur que de faibles traces de goudron : ce gaz à 40° entrait dans une colonne à coke de 5 *m* de hauteur et de 1,300 *m* de diamètre, traversée par un courant d'eau à + 6° à son entrée, pour s'en échapper par le bas à + 35°; le gaz cheminait en sens contraire de bas en haut (en traversant la pluie d'eau), pour s'échapper du laveur à son sommet, à la température de + 7° = : au robinet d'épreuve; il donnait un jet gazeux de couleur grise très légère, et, après un parcours dans un tuyau en plein air de 80 *m* de longueur (en temps de gelée), le gaz arrivait aux fours à la température de 0° environ, où, là, la chaleur des foyers faisait fondre, couler et brûler le goudron. Que faut-il conclure de cette observation? C'est que le goudron des gazogènes ne se condense pas dans les réfrigérants (condenseurs à l'air libre), dits jeux d'orgue, ni dans les laveurs à l'eau froide, à des températures voisines de 0° et même dans les conduites de gaz en plein air, où il tombe à 3, 4 et 5° au-dessous de 0°, vu que ce goudron, conservant toujours son état vésiculaire, infiniment petit, forme des millions de petits globes plus légers que le gaz lui-même, car le gaz qu'il renferme est de l'hydrogène presque pur; ce qui fait que toutes ces petites vésicules forment autant de ballons infiniment petits, qui flottent dans le gaz des gazogènes, bien plus encore que dans le gaz de distillation, dont la densité n'est pas la moitié de celle des gaz des gazogènes; donc, plus un gaz est dense et lourd, plus la condension du goudron y sera difficile ou impossible, sans la destruction des vésicules par la fusion de leurs enveloppes, soit par la chaleur.

Voici comment nous obtenons l'épuration efficace des gaz des gazogènes, de tous les combustibles goudronneux, depuis les houilles jusqu'au bois; *(Pl. 26)* on voit une colonne à coke (scrubber) *(fig. 14)* remplie de quatre couches de coke de différentes grosseurs (1) : le gaz arrive dans cette colonne placée le plus près possible de son gazogène, par un tuyau recouvert d'une bonne enveloppe calorifuge, s'opposant à son refroidissement; dans ces conditions, le gaz peut pénétrer dans ce premier laveur

(1) Les colonnes à coke peuvent être diversement modifiées : pour remplacer le coke, on peut lui substituer des lattes en bois placées de champ ou inclinées à étages superposés, croisés, pour briser la pluie d'eau dans tous les sens; ou, encore, diviser les colonnes en cinq, six, huit, ou tronçons portant chacun une grille sur laquelle on place 0,500 *m* de laine (ou fibre) de bois, à travers laquelle passe l'eau en descendant et le gaz en montant : ce lavage est des plus efficaces, mais la laine de bois est souvent à changer, vu qu'elle se tasse assez vite.

à la température de 85° jusqu'à celle de 300°, suivant que le combustible qui le produit est plus ou moins gazeux. Si l'eau de lavage entre dans cette colonne à coke à 70, 75 ou 80°, elle est portée très rapidement à la température de saturation maxima; alors, la vapeur pénètre toutes les vésicules (ou petits ballons), les fait crever par fusion et diffusion par la chaleur, si elles sont formées partiellement (ce qui est peu probable), mais prévient leur formation en maintenant le goudron à la température de fusion. Ensuite, si la vapeur mélangée au gaz peut encore former quelques rares vésicules qui s'échappent du premier laveur (*fig. 16, Pl. 26*), qui n'est autre chose que la colonne (*fig. 14*) (dans une autre vue); le gaz sortant à 60° environ de ce laveur (*fig. 14-16*), chargé de vapeur d'eau, d'huiles essentielles et des dernières traces de goudron, entre dans une seconde colonne à coke (*fig. 15*), qui n'est pas un condenseur ici. Ce laveur reçoit de l'eau à la température de 50° environ, qui peut être portée à celle de 60°; à son échappement, le gaz qui en sort est à la température de 53° environ; dans ce second laveur, les huiles essentielles se condensent et s'échappent avec l'eau de lavage; s'il reste encore quelques petites vésicules goudronneuses, comme la condensation de la vapeur qu'elles renferment les aplatit tout en conservant au goudron une température de 55° environ, celui-ci s'échappe de cette seconde colonne avec l'eau de lavage.

En sortant de ce deuxième laveur, le gaz est complètement épuré des gros goudrons épais et collants, mais il est fortement chargé de vapeur d'eau dont il faut le débarrasser; à cet effet, un troisième laveur semblable aux précédents, fait office de condenseur (*fig. 15, Pl. 26*). Ce laveur reçoit de l'eau aussi froide que possible, pour condenser la vapeur d'eau et les vapeurs des essences les plus volatiles. Le gaz qui sort de ce troisième laveur condenseur est complètement épuré, et le groupement des trois colonnes à coke à lattes ou laine de bois est celui-ci : 1° un premier laveur à des températures voisines de 75°; 2° un second laveur à des températures voisines de 50°; 3° un troisième laveur-condenseur à l'eau froide (1); donc, sur la planche 26, il faut interposer, entre le laveur (*fig. 16*) à 70° environ et le condenseur (*fig. 15*), un laveur en tout semblable à ceux-ci, pour fonctionner à des températures voisines à 60° environ.

(1) **Nos derniers essais pour gaz de lignite nous ont démontré que cinq et six laveurs à températures de 80, 66, 50, 42, 35 et 25° sont nécessaires pour les moteurs à gaz.**

Comme la quantité d'eau de lavage doit être très considérable, 100 *l* d'eau pour 1 *kg* de combustible, il faut se servir indéfiniment de la même eau; comme on le voit *(fig. 17, Pl. 26)*, des bassins de décantation et d'épuration reçoivent les eaux de lavage qui, passant de bassin en bassin, en déposent leur goudron, tandis que les huiles légères surnagent; par les fonds, on écoule les goudrons, et, par le haut, on déverse les huiles légères renfermant les essences. Pour ne pas perdre la chaleur de l'eau (en hiver), les bassins sont recouverts de planches mobiles; *(fig. 18)* on voit une pompe à piston qui, ici, peut être remplacée par une pompe centrifuge ou autres, qui prend l'eau chaude épurée pour la refouler dans la première colonne à coke : laveur *(fig. 16)* ici. Le second laveur interposé entre le premier *(fig. 16)* et le condenseur *(fig. 15)* a aussi des bassins semblables à ceux *(fig. 17)* décrits ci-dessus. Quant au troisième laveur-condenseur *(fig. 15)*, il n'a pas de bassin de décantation (1), son eau s'écoule dans les bassins du second laveur à 40° environ, et le trop-plein des bassins de ce second laveur s'écoule dans ceux du premier à 50° environ; enfin, le trop-plein des bassins du premier laveur, par un syphon au-dessous du niveau des goudrons et des huiles flottantes, est perdu. Cette faible quantité d'eau n'est en volume que celle que reçoit le laveur-condenseur, le volume indispensable pour ramener le gaz de la température de 45° environ à celle de 25° en été et de 15° en hiver.

Tel est le moyen le plus simple et le plus efficace, avec des (scrubbers) pour débarrasser les gaz des gazogènes, des goudrons qui s'opposent à leur emploi pour les moteurs à gaz (2).

§ 16. — Séchage des gaz lavés.

Lorsque les gaz ont été lavés à outrance à chaud et à froid, ils transportent une notable quantité d'eau pulvérisée, dont il faut les débarrasser, soit par une suite de chicanes, soit par des condenseurs à chocs du type de celui des réchauffeurs des locomotives de la Compagnie du chemin de fer d'Orléans (3) ou

(1) Dans beaucoup de cas, il faudra cinq et six laveurs, donc, le dernier sera le cinquième ou le sixième, car certains goudrons sont des plus résistants à se précipiter.

(2) Ce mémoire a été commencé en 1900 et continué en 1901 et 1902. Comme dans ces derniers temps, des goudrons spéciaux ont résisté à trois lavages à 70°, 55° et 40°, nous avons dû traiter mécaniquement le gaz, pour le débarrasser de ses dernières traces de goudron ; plus loin nous ferons connaître les moyens employés pour ce cas particulier.

(3) *Fig. 12, 13 et 15...*, *Mémoire sur la production et l'emploi de la vapeur considérés comme force motrice. Bulletin* de juin 1890.

encore ce qui est le plus simple, par une disposition comme celle que l'on voit *(Pl. 26, fig. 12)*, qui est une variante de celle du paragraphe 8, *(a)* plus haut dans ce texte *(fig. 4)*.

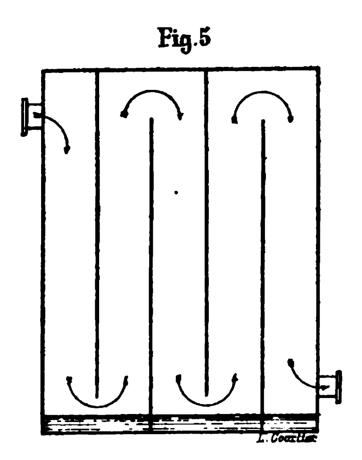
§ 17. — Lavage et épuration des gaz des hauts fourneaux.

L'épuration des gaz des hauts fourneaux présente de très grandes difficultés et, pendant longtemps, les maîtres de forge se sont refusés à croire à sa possibilité ; en 1873, j'ai eu l'occasion de faire un projet complet pour l'épuration des gaz des hauts fourneaux de Liverdun (Meurthe-et-Moselle) basé sur un double lavage (1) représenté ici *(Pl. 27, fig. 25 bis)*. En novembre 1882, j'ai vu, aux Aciéries de Bethléem (Amérique du Nord), un lavage complet de gaz de hauts fourneaux marchant à l'anthracite, basé sur le même principe et d'une très grande efficacité, pour le chauffage, par ce gaz, des appareils à vent chaud, système Cowper, et des chaudières à vapeur ; jusque dans ces derniers temps, personne, en Europe, ne s'est occupé sérieusement du lavage du gaz des hauts fourneaux. Mais, actuellement, on veut employer ce gaz à actionner directement des moteurs à gaz et, dans ces derniers temps, de très beaux et bons résultats ont été obtenus, en ce qui concerne la puissance ou force motrice pour des machines de 500 à 2000 *ch* effectifs et plus. Pour ce qui est de l'épuration du gaz, les choses ne sont pas encore au point, car il reste encore beaucoup à faire : ainsi les caisses d'épuration des usines à gaz d'éclairage, sur lesquelles on avait beaucoup compté, sont absolument de nul effet, pour les fines poussières aussi bien que pour le goudron des gazogènes, et cependant ces caisses sont des grands filtres remplis de sciure de bois. Pour le gaz d'éclairage, quand à la sciure de bois on ajoute de l'oxyde de fer, de la chaux, du sulfate de fer, etc., on arrête les moindres traces d'acide sulfhydrique et l'épuration est absolue; mais si le gaz sulfhydrique est arrêté net, les poussières des gaz des hauts fourneaux comme les vésicules goudronneuses des gaz de gazogènes traversent le filtre en sciure avec la plus grande facilité : d'où il suit que pour les gaz des gazogènes et des hauts fourneaux les caisses d'épuration sont sans utilité pratique (car elles ne retiennent absolument rien).

(1) Voyez *Pl. 4* dans mon ouvrage sur *Les combustibles en général et le chauffage par les gaz*. B. Tignol, éditeur, 53 *bis*, quai des Grands-Augustins, à Paris.

En matière d'épuration de gaz des hauts fourneaux, il y a à distinguer deux épurations : la première, qui est le précipité des poussières lourdes, qui se séparent avec la plus grande facilité dans cinq. sept ou dix caisses (comme le syphon *(a) fig. 4*, § *8*), en communication, lesquelles arrêtent les 90 0/0 des poussières. La disposition la plus répandue est la plus ancienne, mais vu les grandes dimensions qu'on a donné en Silésie aux appareils, on lui donne le nom de Silésienne. Les appareils qui la composent sont à joint hydraulique sur une de leurs faces comme en *a* et *b* (*fig. 4*, § *8*), le joint hydraulique de nettoyage forme une espèce d'auge commune à tout le système.

Fig.5



Les appareils silésiens (*fig. 5*) ci-contre, sont quelquefois à huit, dix et douze compartiments de 10 et 20 *m* de haut sur 1,50 *m* de long et 3 à 4 *m* de large. Dans certaines usines, on leur a donné 25 *m* de hauteur.

La quantité de grosses poussières qui se précipite dans les appareils silésiens est des plus variable, suivant la nature du coke, de la castine et du minerai (1) ; nous n'avons donc pas à nous en occuper ici ; mais il n'en est pas de même de la folle poussière appelée sublimé par les praticiens ; celle-ci est à peu de chose près la même partout. Un mètre cube de gaz à 0° et à 760 renferme en moyenne 3 *g* de sublimé, dont voici la composition :

	Hauts Fourneaux d'Hayange.	Hauts Fourneaux de Micheville.
Silice	25,40	31,20
Alumine	10,90	15,33
Oxyde de fer	9,70	4,97
Chaux	18,30	22,90
Oxyde de magnésie	4,50	3,10
Acide carbonique, etc. (2)	15 »	12,22
A reporter	83,80	89,72

(1) Les hauts fourneaux de la Moselle donnent 0,030 *kg* de poussière brute par mètre cube. En sortant des appareils silésiens, le mètre cube ne renferme plus que 0,003 *kg* de poussière dite sublimé, au plus 0,0035 *g*.

(2) Chassés par la calcination ou par l'eau régale.

	Hauts Fourneaux d'Hayange.		Hauts Fourneaux de Micheville.
Report	83,80		89,72
Alcalis, etc., non dosés .	15,80	alcalis dosés	4,18
Magnésie	4,90		6,10
Oxyde de plomb.	6,65		non dosé.
Oxyde de cuivre.	1,25		id.
Oxyde de zinc.	2,20		id.
Chlore	5 »		id.
Acide phosphorique . . .	1 »		id.
Soufre	0,40		id.
	121,00		100,00

Dans le sublimé d'Hayange, il y a en moyenne 18, 0/0 de matières solubles dans l'eau chaude. Dans le sublimé de Micheville près de la moitié de la chaux et de la magnésie sont combinées avec l'acide carbonique, pour former des carbonates de chaux et de magnésie et l'autre moitié environ se trouve à l'état de chaux caustique et de magnésie plus ou moins hydratées.

Mais dans le sublimé d'Hayange on a constaté :

1° Que les poussières légères en suspension dans les gaz ne contiennent que très peu de carbonate. On le reconnait en les attaquant par un acide, car il n'y a qu'une effervescence à peine sensible ;

2° Un dosage d'acide carbonique effectué sur des poussières légères contenant 20, 0/0 de chaux a donné 1,1/2 0/0 d'acide carbonique, ce qui représente 3,40 0/0 de carbonate de chaux, soit 1,9 0/0 de chaux combiné avec l'acide carbonique, donc moins de 1/10e de la chaux totale ;

3° La chaux et la magnésie sont dans le sublimé, qui constitue la poussière légère, presque entièrement à l'état de silicates ;

4° Il est probable que dans la composition du sublimé de Micheville, la perte au feu a été prise pour de l'acide carbonique combiné en totalité, ce qui serait une grave erreur de mon chimiste ;

5° Dans le sublimé d'Hayange on trouve à l'état soluble :

Potasse	1,85	= 5,49 0/0 (1)
Soude.	1,66	
Chaux.	1,06	
Chlore	0,92	

qui, très probablement, pourront être, plus tard, récoltés, comme

(1) Dans le sublimé de Pont-à-Mousson, en mars 1901, on a trouvé en moyenne 6, 0/0 de sels divers de potasse et de soude.

sous-produits, dans les eaux concentrées du lavage des gaz, puisque c'est toujours la même eau qui sera employée et retournée indéfiniment dans les mêmes bassins de décantation, à concentration graduelle et méthodique. La chaux se carbonatera et se précipitera, la soude et la potasse passeront à l'état de carbonate et de chlorure en petites quantités.

Plus haut, j'ai dit, que par les moyens connus, des plus variés et depuis longtemps, avec la disposition de la figure 5 ci-dessus, on arrive à ne plus laisser que 2,5 *g* à 3 *g* au plus de poussières fines ultra-légères, dites sublimé, dans un mètre cube de gaz des hauts fourneaux, ramené à 0° et à 760; sublimé dont je viens de faire connaître la composition chimique: cette folle poussière reste indéfiniment en l'air; le vent peut l'entraîner à plus de 10 *km* des hauts fourneaux qui la produisent et les pluies les plus abondantes ne la précipitent que bien difficilement dans une zone de plus d'un kilomètre des hauts fourneaux.

Dans les tuyaux, conduites, galeries et canaux, à chaque changement de direction des courants gazeux, là où il y a choc, le sublimé se dépose et colle assez fortement pour faire des croûtes adhérentes s'opposant à la conductibilité des parois des chaudières et des appareils à vent chaud, car il n'existe pas de meilleur calorifuge que ce sublimé, qui quoique d'une extrême légèreté se feutre très bien sur les parois et y adhère assez pour n'être enlevé complètement qu'à la brosse; de sorte que, quand les parois des chaudières et des appareils à vent chaud sont recouvertes d'une pellicule de 2 à 3 *mm* de sublimé, la conductibilité de ces parois est réduite de plus de moitié ainsi que l'effet utile du chauffage; deux à trois jours de marche suffisent pour produire ce fâcheux résultat. Dans les moteurs à gaz, c'est un effet vraiment désastreux, que le sublimé y produit en quelques instants (30 à 40 minutes), dans leurs cylindres et distributions. En octobre 1900, nous avons constaté qu'un moteur à deux cylindres de la puissance de 300 *ch* effectifs avait été mis hors service en 45 minutes de marche; les cylindres et les pistons avaient tellement été rayés qu'il était indispensable de les alézer et de les tourner à nouveau; ils étaient plus détériorés par trois quarts d'heure de marche, qu'ils ne l'auraient été par trois années de service continu dans des conditions normales. Ce qui prouve l'ignorance des inventeurs (1) qui assuraient que le su-

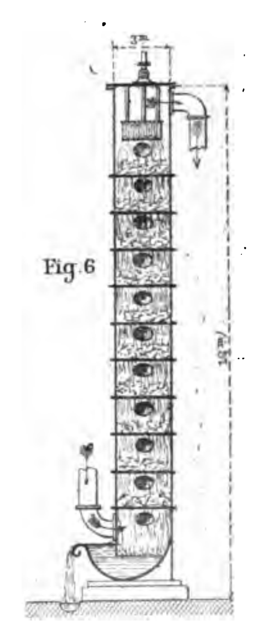
(1) L'un d'entre eux assurait que son moteur avalait le sublimé et que l'épuration était inutile.

blimé traversait leurs moteurs à gaz sans les détériorer. La crédulité des industriels qui les ont écoutés a été des plus grandes et tous ont été forcés de s'arrêter, pour chercher des moyens d'épuration souvent bizarres, pour se tirer d'embarras plus ou moins mal.

Ajourd'hui, il est admis, par tous les métallurgistes et tous les mécaniciens, que le gaz ne saurait jamais être trop bien épuré, pour être utilisé par les moteurs à gaz, de quelques systèmes et types auxquels ils peuvent appartenir. Deux moyens sont actuellement employés: 1° le lavage par filtration et 2° le lavage par chocs.

a) Pour le lavage par filtration, on emploie des colonnes à coke ou à fibre ou laine de bois; le coke doit être un grésillon criblé aux grosseurs de 12 *mm* au minimum et de 25 *mm* au maximum; mais les colonnes (scrubbers) ne sont pas remplies de coke ou de laine de bois, comme celles des usines à gaz d'éclairage.

Aux Forges et Aciéries de Hoerde (Westphalie), on peut voir une double installation pour une puissance totale de 2 000 *ch* effectifs. En février 1901, il n'y avait qu'une partie de l'installation qui marchait pour une force totale de 1 000 *ch* environ (666 *ch* plus 333 *ch* en deux moteurs indépendants). Le gaz, après avoir perdu ses grosses poussières dans un appareil Silésien, du genre de celui représenté ci-dessus *(fig. 5)*, passe dans cinq colonnes (scrubbers) de 16 *m* de haut et 2 *m* de diamètre environ, ainsi disposées pour assemblages à boulons, afin que chaque tronçon puisse se démonter et se remonter facilement *(fig. 6 ci-contre)*; par des regards autoclaves, on peut charger le coke ou la laine (fibre) de bois. Chaque tronçon est séparé de celui en dessous et de celui en dessus par une tôle, perforée de trous de 8 *mm* de diamètre environ, qui sert de grille pour le coke ou pour les fibres de bois; chaque tronçon a environ 1 *m* de hauteur, mais ne reçoit qu'une charge de grésillon de coke ou laine de bois de 0,40 *m* à 0,45 *m* d'épaisseur, afin d'éviter le tassement qui diminuerait la filtration du gaz. Une pluie d'eau très abon-


Fig 6

dante tombe de plateau en plateau, arrive dans le joint hydraulique d'où elle s'écoule, dans une rigole la conduisant à son bassin réfrigérant et de décantation, d'où elle est reprise par des pompes pour être refoulée dans sa colonne (scrubber) d'où elle retombe en pluie et ainsi de suite indéfiniment. Comme cette colonne est disposée pour recevoir l'eau et le gaz et les évacuer comme celle *(Pl. 26, fig. 12 et 13* et *fig. 14, 15, 16)*, il n'y a donc pas lieu d'insister sur leur description, car elles ne diffèrent de celles-ci que par le nombre de leurs plateaux qui ne sont chargés que sur la moitié de leur hauteur. De temps en temps, avec une raclette, on enlève la boue qui se dépose dans le fond du bassin du joint hydraulique.

Comme on le voit, le gaz est dix fois lavé dans cette colonne *(fig. 6)* et, comme l'installation se compose de 5 colonnes semblables, le gaz est donc lavé 10 fois $\times$ 5 colonnes $=$ 50 fois avant de se rendre au gazomètre (1); comme pour toutes les conduites de gaz d'éclairage, à tous les points bas sont placés des syphons d'évacuation sous les tuyaux allant du premier au dernier laveur et au gazomètre, ainsi que du gazomètre au moteur à gaz.

Je ne donne pas de figure du groupement des cinq laveurs semblables, attendu qu'il ne pourrait être que cinq fois la reproduction de la figure 6, ce qui serait sans intérêt ici, puisqu'il est facile, par la pensée, de se représenter cinq appareils semblables en série, à la suite les uns des autres.

b) Le lavage par chocs est obtenu au moyen d'un appareil centrifuge, tenant à la fois du ventilateur et du broyeur système Carr. Cet appareil *(fig. 20 à 25, Pl. 26)* se compose d'une enveloppe de ventilateur à force centrifuge aspirant et soufflant et de deux plateaux porte-couronnes, s'emboîtant l'un dans l'autre; en faisant tourner les deux plateaux l'un en sens contraire de l'autre, comme l'indiquent les figures 20 et 25 par leurs flèches, on voit que les fluides gaz et eau de lavage, sont ici précipités avec violence des aubes d'une turbine sur celles de l'autre, trois fois avec des sommes de vitesses de 50 à 60 *m* et plus par seconde, ainsi qu'on le voit figure 23, le gaz arrive dans les deux œillards, comme dans tous les ventilateurs aspirants, et deux jets d'eau lancent dans ces œillards l'eau de lavage sous pression de 15 *m* de colonne d'eau : les flèches

(1 Certains constructeurs ont pris des dispositions pour des appareils en bois peu différentes de celles que l'on voit *(fig. 25 bis Pl. 27)*, qui du reste arrive au même résultat.

sur les figures 20 et 23 indiquent les mouvements du gaz et de l'eau. Comme dans le premier cas, cette eau sert indéfiniment, le gaz étant lancé chargé d'eau dans un syphon purgeur, d'où celle-ci est écoulée continuellement; ce syphon sécheur-purgeur d'eau de lavage est en tout semblable à celui représenté (*fig.* 4, § 8).

Le laveur pulvérisateur (broyeur *Pl.* 26) est construit pour lancer dans le gaz 2 *kg* ou litres d'eau par mètre cube de gaz à épurer, et en force motrice 7 à 8 *l* par heure et par cheval; $3,5\ m^3 \times 2\ l = 7\ l$.

Les renseignements donnés sur l'épuration du gaz aux Aciéries de Hœrde, par un Ingénieur métallurgiste qui les a visitées en 1901, sont que pour une puissance de 1 000 *ch* effectifs, en activité, on a pratiquement :

1° Consommation moyenne de gaz par heure et par cheval, $3,500\ m^3$;

2° Consommation totale pour 1 000 *ch* effectifs et par heure, $3\,500,\ m^3$;

3° Quantité d'eau employée par heure au lavage du gaz, $125\ m^3$;

4° Quantité d'eau de lavage employée par mètre cube de gaz, $\frac{125\ m^3,000\ l}{3\,500\ m^3} = 36\ l$;

5° Quantité d'eau de lavage employée par cheval-heure effectif $\frac{125\ m^3,000\ l}{1\,000\ ch\ \text{effectifs}} = 125\ l$;

6° Volume d'eau en mouvement par seconde $\frac{125\ m^3,000\ l}{3\,600\ m^3}$ $= 34$ à $35\ l$;

7° Hauteur de refoulement pratique, aspiration comprise et résistances positives, $20\ m$;

8° Travail des pompes $\frac{35\ kg \times 20\ m \times 1,6}{75\ kgm} = 15\ ch$;

9° Soit 1,1/2 0/0 de la puissance totale;

10° Résultat obtenu, par mètre cube de gaz ramené à 0° et à 760, le gaz sortant des chicanes silésiennes et entrant dans le premier laveur avec 0,003 1/3 *kg* et au maximum avec 0,003 3/4 *kg* de sublimé (par mètre cube), sort du cinquième laveur après cinquante lavages, avec 0,000.03 *kg* de ce sublimé; ces cinquante lavages ont donc fait perdre les 99/100 des folles poussières appelées sublimé que transporte ce gaz;

11° La quantité d'eau de lavage employée pour précipiter 1 g au plus de poussières sublimées est donc de $\frac{36\ l}{3\ g} = 12\ l$;

12° Tous les quinze jours, les cylindres pistons et clapets, valves des moteurs, sont à nettoyer ou mieux à essuyer.

On peut à juste titre se demander ce que pensent de ces renseignements ceux qui, au mois de mai 1900, assuraient, à l'Exposition, que l'épuration des gaz des hauts fourneaux était inutile, avec leurs moteurs qui jouissaient de l'effet magique de bien marcher sans être incommodés par le sublimé qu'ils avalaient.

§ 18. — Épuration chimique à sec des gaz de gazogènes.

Cette épuration se fait exactement comme celle du gaz d'éclairage et avec les mêmes caisses d'épuration, qui ont généralement 1 *m* de hauteur sur un diamètre ou sur une longueur et largeur donnant une surface de 60, 80 et 100 fois plus grande que la section des tuyaux de leur entrée et de leur sortie de gaz. Ces caisses rondes, carrées ou rectangulaires, sont divisées en deux ou trois compartiments par des cloisons en bois (mobiles) très faciles à enlever et à remettre en place; les deux ou trois cloisons grillées, comme les fonds des tronçons de la colonne (*fig. 6*) ci-dessus, reçoivent une charge d'un mélange d'oxyde hydraté de fer, de sulfate de fer, additionné de laine de bois en petite quantité et le filtre est fait avec des tournures fines de fer et d'acier de la fabrication des pièces de bicyclettes, ou de frisures ou paille de fer, qui, par leur élasticité, s'opposent au tassement de la matière épurante que l'on intercale par lits de 2 à 3 *cm* d'épaisseur sur d'autres lits de tournure et paille de fer, lesquelles, étant oxydées, jouent le même rôle que l'oxyde de fer. Quand les caisses d'épuration sont en bon état, le gaz qui en sort ne renferme pas trace de gaz sulfureux et sulfhydrique, l'épuration est absolue au point de vue chimique; mais cet excellent filtre ne retient pas du tout, ni les goudrons, ni les poussières sublimées des gaz des hauts fourneaux; d'où il suit que, quand l'épuration chimique ne s'impose pas, comme pour la cuisson de la porcelaine, des vernis d'émaillage, etc., les caisses d'épuration sont à mettre impitoyablement de côté, car elles sont d'une inutilité absolue.

§ 19. — Évacuation de la vapeur d'eau en excès dans les gaz de gazogènes et destruction des goudrons par le feu.

a) Lorsqu'un combustible, comme les bois, les tourbes, et les lignites (1), est chargé d'une trop grande quantité de vapeur d'eau, on peut en faire l'extraction au moyen d'un condenseur, comme celui indiqué figures 29 et 30, planche 27, où un grand cylindre (condenseur) est en communication par le haut avec le haut de un ou deux gazogènes et par le bas avec un joint hydraulique à syphon d'évacuation de l'eau de condensation : par côté, il est en communication avec le ventre des gazogènes. Par les tuyaux du haut la vapeur et le gaz se rendent dans le condenseur où la vapeur se condense et le gaz retourne refroidi aux gazogènes par les tuyaux de côté; quant à l'eau de condensation, elle s'échappe par son syphon d'évacuation ainsi que les flèches numérotées le font voir sur les figures 29 et 30. De cette façon, on débarrasse les gazogènes de leur vapeur en excès, sans perdre de gaz, principalement quand l'installation ne comporte pas de laveur condenseur à la suite des gazogènes. On peut encore voir, dans mon mémoire sur les gaz combustibles, (2) une disposition semblable pour un seul gazogène isolé.

b) Quand un combustible, comme les lignites, les tourbes, le bois, etc., donne à la distillation 40 à 60 *kg* de goudron à la tonne, celui-ci, pour être retenu, réclame des laveurs (scrubbers) à l'eau chaude, suivant les cas, deux, trois et même quatre, plus un laveur semblable, faisant fonction de condenseur. Si, au lieu de condenser et de retenir les goudrons, on veut les détruire, on peut faire usage du dispositif de la figure 3 du paragraphe 8 de mon mémoire de 1899 ci-dessus cité, pour la marche à deux combustibles. Mais pour l'emploi d'un seul et unique combustible goudronneux, il faut employer deux gazogènes groupés comme le sont ceux de la planche 27, figures 26 à 28, réunis par leurs prises de gaz centrales et par un tuyau commun les unissant et les mettant en communication. Dans ce groupement, le vent, comme dans les gazogènes ordinaires, entre dans l'un

(1) Qui souvent renferme 40, 0/0 d'eau de constitution et hygrométrique, soit plus de la moitié de leur poids utile, déduction des cendres.

(2) *Fig. 2*, § *8*, *Bulletin* de mai 1899.

des gazogènes *a*, puis passe dans l'autre *b*, comme les flèches ➳→2➳→ le font voir; enfin, le gaz traverse par filtration la cuve du second gazogène portée préalablement à haute température pour s'en échapper par une couronne circulaire au niveau des étalages, d'où il passe à haute température dans le réfrigérant chaudière *c*, puis en *e*, et enfin sort par le tuyau *k* pour se rendre aux fours, où il est consommé, ou dans un laveur à poussières pour, de là, se rendre dans un gazomètre pour moteurs à gaz ou autres appareils réclamant du gaz complètement épuré.

Les réfrigérants chaudières *c* et *d* ont pour but de réduire la température du gaz de 1 000° environ à 200°, afin de pouvoir avoir de bonnes fermetures métalliques pour des gaz chauds sous pression de 150 à 300 *mm* de colonne d'eau; la vapeur qu'ils fournissent est utilisée par les gazogènes à la production partielle du gaz à l'eau.

Après dix minutes de cette marche dans un sens au moyen de la manette (levier) d'inversion *r*, *g*, faisant balancier, on ferme la communication avec le gazogène *b*, et on l'ouvre avec le gazogène *a*, pour écouler le gaz par celui-ci également pendant dix minutes environ. L'arbre de transmission *f* a un balancier semblable au premier en *np*, qui donne le vent au gazogène *a*, quand le gaz sort par le gazogène *b*, et réciproquement au gazogène *b*, quand le gaz sort par le gazogène *a*; à cet effet, les tuyaux d'introduction de vent sont croisés comme on le voit figure 28 où le clapet *p* donne le vent au gazogène *a* et le clapet *n* au gazogène *b*. D'où il suit que l'on n'a qu'une seule manœuvre à faire toutes les 5, 8, 10, 12 ou 15 minutes, suivant la plus ou moins grande activité des gazogènes, soit de la production de gaz, pour faire entrer le vent par l'un d'eux et le faire sortir par l'autre sous forme de gaz, ce qui n'est qu'un simple jeu de bascule, que l'on peut même obtenir mécaniquement et automatiquement, par un mouvement d'horlogerie et d'une transmission électrique à temps variable, suivant l'activité de la production du gaz. Les flèches numérotées de la planche 27 font bien voir les mouvements du vent, du gaz, de la vapeur et de l'eau. Les lettres désignent toujours sur toutes les figures les mêmes appareils ou objets.

La mise en marche d'un groupe se fait, comme il suit : 1° on charge et on allume les deux gazogènes en tenant ouvertes les deux cheminées *l* et *m* (*fig.* 27), puis on souffle les deux gazogènes à la fois en tenant horizontal le balancier *rg*, comme le balan-

cier *np*, ayant le même calage sur l'arbre *f*; on laisse les fumées du mauvais gaz d'allumage s'échapper par les deux cheminées *l* et *m*; 2° quand on voit que le combustible est rouge dans les prises de gaz centrales, la marche industrielle peut commencer et, en appuyant en *r* sur le balancier, on ferme la sortie de gaz de *a* et on ouvre en grand celle de *b*; ensuite, et en même temps que l'on ferme l'introduction du vent en *b*, on l'ouvre en *a* en grand, le clapet *p* étant ouvert et le clapet *n* fermé; c'est pour cette raison que les deux tuyaux de vent de *n* et de *p* sont croisés.

Dans ces deux gazogènes *a* et *b*, les prises de gaz étant toujours au rouge, les vapeurs allant se condenser dans le condenseur *(fig. 29 et 30)*, le gaz sort au rouge de *a* pour aller en *b*, par le tuyau *t* protégé par une bonne enveloppe calorifuge, traverse *b* en s'échauffant graduellement et méthodiquement, donc en perdant ses goudrons qui, à partir de la température de 700° et au-dessus, sont complètement dissociés ou détruits avec précipitation du carbone, mettant en liberté des gaz H et C^2H^4 en très petite quantité, aux températures de 800° à 1 200°, la dissociation du goudron n'absorbant pas de calorique d'une façon appréciable.

Il faut remarquer que, dans ce système de gazogènes, avec échappement du gaz épuré, au-dessus de la grille, la quantité de poussières entraînée est réduite au minimum sans dérangement d'allure.

Bien entendu, si ces gazogènes *(Pl. 27)* sont soufflés, à la température de 250° à 300°, par une soufflerie du type de celle représentée figure 7 *(Pl. 26)*, le gaz n'en sera que meilleur, en même temps que les inversions, même prolongées, ne pourront déranger la bonne et régulière marche des appareils.

§ 20. — Utilisation de la chaleur perdue par les moteurs à gaz *(Pl. 28)*.

En général, un moteur à gaz utilise 20,0/0 du calorique total du gaz et 40, 0/0 sont emportés par l'eau réfrigérante de ses enveloppes, cette eau variant, à sa sortie du moteur, entre 45° et 65°; enfin 40, 0/0 sont chassés par l'échappement qui se fait à la température du rouge sombre pour tomber rapidement par détente à 550° environ.

a) Si l'on fait passer les gaz brûlés d'échappement (fumées) dans un réchauffeur récupérateur tubulaire (*fig. 31 et 32, Pl. 28*) cet appareil étant divisé par une cloison verticale et transversale en deux compartiments, le vent passe dans un compartiment et s'en échappe par le haut, ainsi que les flèches numérotées le font voir. Le vent chaud à 50° environ, qui sort du saturateur rempli de petit coke ou laine de bois, jusqu'à une hauteur convenable, indiquée sur le dessin, traversant son compartiment dans le récupérateur, y est chauffé jusqu'à la température de 300°, avec la vapeur produite dans le compartiment voisin faisant fonction de vaporisateur de vapeur d'eau. Ce vaporisateur reçoit son eau d'alimentation du saturateur à la température de 50° environ; la vapeur d'eau qu'il produit passe par le haut dans le compartiment voisin, qu'une seconde cloison force à descendre au bas, où elle rencontre l'air chaud saturé à 50° venant du saturateur, comme la planche 28 le fait voir.

Le courant ascendant dans le compartiment récupérateur surchauffeur porte donc à 300° un mélange d'air primaire et de vapeur, ainsi qu'il sera démontré plus loin : les gaz brûlés (fumée) sont refroidis méthodiquement et graduellement, de même que la production de la vapeur et la surchauffe du vent sont aussi graduelles et méthodiques, de façon à avoir la quantité de vapeur d'eau requise dans le vent primaire pour donner du gaz au maximum de richesse calorifique. L'eau en excès du saturateur passe dans le compartiment du récupérateur-vaporisateur, qui peut, sur 1,650 *m* environ, jouer le rôle de chaudière et l'eau non vaporisée s'écoule par un syphon de trop-plein; mais ce syphon est placé à l'avant du compartiment vaporisateur, pour qu'il ne puisse laisser y entrer, que la partie seule de l'eau qui y est vaporisée; car ledit syphon fait fonction de trop-plein pour le saturateur et d'alimentateur pour le vaporisateur. Si les incrustations sont à craindre, on peut envoyer, au moyen d'une bouteille d'alimentation, une solution de carbonate de soude dans le compartiment du réchauffeur qui reçoit l'eau en excès du saturateur (cette bouteille est indiquée en haut à droite au-dessus du réchauffeur); par cette addition de carbonate de soude, on s'oppose à la formation des incrustations.

Le principal avantage de cette disposition avec saturateur est de produire les incrustations sur le coke, que l'on peut changer avec la plus grande facilité, sans avoir à s'occuper des soins que réclame une chaudière à vapeur.

Au paragraphe 13, nous avons vu que le soufflage à la vapeur à la température de 250° absorbe 21,0/0, ou 1/5 du calorique ou du combustible consommé (gazéifié) par le gazogène. Donc, le soufflage par ventilateur avec utilisation des chaleurs perdues des moteurs pourrait réaliser une économie de 21,0/0 si l'on pouvait chauffer le vent primaire à 250°. Si nous admettons que, par kilogramme de carbone fixe, il passe dans un gazogène 1 *kg* de vapeur, celle-ci par sa formation absorbera (634, — 60(1), calories) $\times$ 1 *kg* = 574 calories. Comme nous l'avons vu, la moitié du carbone fixe doit être brûlé par l'oxygène de la vapeur d'eau et moitié par l'oxygène de l'air. Donc, s'il faut 4,441 m^3 pour faire passer un kilogramme de carbone à l'état d'oxyde, il n'en faudra plus que $\frac{4,441\ m^3}{2} = 2,2205\ m^3$ pour faire passer 1/2 *kg* à l'état de CO, soit 2,2205 $m^3 \times 1,3 = 2,887$ *kg* d'air primaire qu'il faut porter en bonne pratique industrielle à 3 *kg* et 3 *kg* $\times$ (250° — 60°) $\times$ 0,24 = 137 calories. Comme il faudrait 574 calories, il manque donc 574 — 137 = 437 calories.

D'où il résulte que 137 calories sur 574 calories, qui sont indispensables, ne représentent que $\frac{66 \text{ calories}}{574 \text{ calories}} = 0,235$ *kg* de vapeur, alors qu'il nous en faut 0,750 *kg* théoriquement, et 1 *kg* en pratique industrielle, pour compenser les pertes de toute nature. Il suit de là que l'économiseur ou récupérateur de l'échappement doit jouer avant tout le rôle de vaporisateur ou de chaudière à vapeur.

Les moteurs à gaz, en général, échappent de leurs enveloppes réfrigérantes 20 à 25 *kg* ou litres d'eau à la température de 55 à 70° en moyenne, à 60° degré par heure et par cheval effectif.

1° Le cheval effectif, dans les plus médiocres conditions, consomme le gaz de 0,600 *kg* d'anthracite par heure;

2° Par cheval ou par 0,6 *kg* d'anthracite, il faudra vaporiser pour le gazogène 1 *kg* $\times$ 0,6 = 0,600 *kg* d'eau et chauffer à 250°, soit 300° au besoin 2,2205 $m^3 \times 1,3 = 2,887$ *kg*, ou mieux 3 *kg* d'air;

3° La quantité de calorique nécessaire pour donner le vent saturé puis surchauffé à 300° sera de :

(1) La pluie d'eau venant des enveloppes des moteurs étant à 60°.

a) Pour la formation de la vapeur :

1 *kg* × 634 calories = 634 calories

b) Pour la surchauffe de la vapeur :

1 *kg* × 0,48 × 200° (1) = 96 calories.

c) Pour la surchauffe de l'air :

3 *kg* × 0,24 × 300° = 216 calories.

TOTAL. . . 6 calories.

L'eau réfrigérante des enveloppes en moyenne à 60° à sa sortie du moteur, ayant été prise en moyenne aussi à 15°, emporte donc par heure et par cheval effectif au minimum :

(60° — 15°) 20 *l* = 900 calories.

Les gaz brûlés ou fumée d'échappement par heure emportent aussi par heure et par cheval effectif :

(10 m^3 × 1,3 × 0,6 *kg*) × 0,24 × 550° = 1030 calories.

D'où il suit que, pour chauffer l'eau, la vaporiser et surchauffer le vent à 300°, soit le mélange d'air primaire et de vapeur, on dispose par heure et par cheval de :

900 calories + 1030 calories = 1930 calories.

alors que 946 calories sont indispensables et, donc, comme nous l'avons dit plus haut, le chauffage du vent à 250° est assuré.

Ici, il faut remarquer que l'air primaire passe dans une colonne à coke (saturateur) arrosé par de l'eau à 60° ; cet air, étant pris à 15° peut être chauffé et saturé à la température de 52° :

a) pour l'air, 3 *kg* × 0,24 × (52° — 15°) = 27 calories.

b) pour la vapeur, 57 calories (2) $\times \frac{3,0\ kg}{1,3\ kg}$ = 132 calories.

TOTAL. . . 159 calories.

(1) La vapeur étant à 100°, la surchauffe n'est que de 300° — 100° = 200°.

(2) 57 calories, calorique latent de la vapeur saturant 1,300 *kg* d'air à la température de 52° sous la pression 760.

Réduisant la température de 20 l d'eau de 60° à :

$$60^\circ - \left(\frac{159 \text{ calories}}{20\ l}\right) = 52^\circ,05$$

Mais, à cette température de 52°, les 3 kg d'air primaire ne renferment que :

$$0{,}090\ kg\ (1) \times \left(\frac{3{,}000\ kg}{1{,}300\ kg}\right) = 0{,}207\ kg$$

de vapeur d'eau et, comme en pratique il en faut 1 kg environ, 0,800 kg doivent être donnés par la vaporisation en réclamant

$$(637 \text{ calories} - 60^\circ) \times 0{,}800\ kg = 462 \text{ calories}$$

et plus haut nous avons vu que nous disposions de 1 030 calories dans les fumées de l'échappement, donc la vaporisation des 0,800 kg d'eau est assurée, en réclamant une surface de chauffe de vaporisation de 0,33 m^2 par cheval.

Quant à la surface de chauffe tubulaire pour porter le mélange d'air et de vapeur à 250°, soit à 300° pour assurer 250° aux cendriers des gazogènes, elle est de : $\frac{96 \text{ calories} + 226 \text{ calories}}{1\,000 \text{ calories}}$ = 0,33 m^2 également, d'où il suit que les deux surfaces sont pratiquement les mêmes et que la somme est de 0,33 $m^2 \times 2$ = 0,66 m^2 par cheval nominal de force, puissance ou énergie. Alors l'économie de 21, 0/0 dont il a été question plus haut peut donc être très pratiquement réalisée ; 1 030 calories, pour n'utiliser que 96 calories + 226 calories = 322 calories donnent un rendement inférieur aux appareils récupérateurs à celui de un tiers ou de 33, 0/0, ce qui est très pratique en matière de chauffage à ces basses températures, soit à la surchauffe du vent à 250° aux cendriers des gazogènes et à 300° dans les récupérateurs.

21. — Utilisation pratique de la chaleur perdue par les gazogènes.

L'échappement du gaz d'un gazogène peut varier entre 700° avec la marche au coke et 90° avec la marche au bois, à la tourbe

(1) 0,090 kg en pratique, le chiffre théorique est 0,118 kg.

ou au lignite; l'abaissement de la température est dû à la grande quantité de vapeur d'eau donnée par ces derniers combustibles, qui peuvent en fournir 40, 0/0, avec plus de 10, 0/0 de cendre; de sorte que le poids d'eau est aussi grand que le poids utile de combustible réel. Donc si le coke donne un échappement à 700° et si le bois en donne un à 90°, ses gaz portent pour 1,615 *m*³ de gaz à 0° et à 760 ou pour 1,615 *m*³ × 1,150 *kg* = 1,857 *kg*, 0,500 *kg* de vapeur d'eau, qui par le lavage mettent 0,500 *kg* × 543 calories (1) = 261 calories en liberté, qui, avec les 1,857 *kg* × 0,24 × 90° = 40, calories du gaz font un total disponible de 261 calories + 40 calories = 301, à 300 calories par kilogramme de bois, de lignite et de tourbe gazéifiée.

Le gaz devant être ramené à + 20° avec de l'eau prise à + 15° en moyenne, à la sortie du laveur épurateur et l'eau d'échappement de ce laveur pouvant être portée à 75°, chaque kilogramme d'eau peut donc absorber 75° — 15° = 60 calories; d'où il résulte qu'il faut $\frac{300 \text{ calories}}{60 \text{ calories}} = 5$ *kg*, ou litres d'eau pour laver les gaz des gazogènes d'un kilogramme de bois, tourbe ou lignite.

Pour le coke, son gaz peut arriver dans les laveurs à 500° au minimum, et comme 1 *kg* de coke ordinaire donne 4 *m*³ de gaz de gazogène, la quantité de calorique emporté par le gaz de 1 *kg* est de 4 *m*³ × 1,300 × 0,24 × 500° = 624 calories. On voit donc que l'on dispose ici d'une plus grande quantité de calorique; mais la consommation de vent est plus grande, le coke ayant 80, 0/0 de carbone fixe au lieu de 22, à 25, 0/0, comme le bois, etc. C'est ce qui fait que les quantités d'eau de lavage sont sensiblement les mêmes avec des températures d'échappement très voisines l'une de l'autre, quels que soient les combustibles gazéifiés, par un même volume de gaz obtenu.

Si, pour 1 *kg* de carbone, il faut pour le gazéifier 0,750 *kg* de vapeur d'eau et 2,886 *kg* d'air; pour 0,250 *kg* de carbone fixe, il en faudra le quart, soit 0,188 *kg* de vapeur et 0,722 *kg* d'air. Pour porter ces 0,722 *kg* d'air à 75°, il ne faudra que 0,722 *kg* × 0,24 × (75° — 15°) = 10 calories. Or, à cette température, de 75°, 0,629 *kg* d'air peuvent dissoudre 0,2395 *kg* de vapeur, soit plus que l'indispensable 0,188 *kg* qui, pour se vaporiser, ne réclame que 0,188 *kg* × (555 — 15) = 102 calories, alors qu'on

(1) 543 calories, calorique latent de 1 *kg* de vapeur d'eau à 90°, et à 760.

dispose de 300 calories; donc il y a dans l'eau à 75° plus de 300 calories — (10 calories + 102) = 188 calories en excès : ce qui assure au vent la quantité de vapeur d'eau nécessaire à la production d'un très bon gaz mixte de gazogène sans avoir recours à une chaudière à vapeur.

L'appareil laveur et saturateur *(fig. 19)* fait voir comment le gaz peut être lavé et comment son eau de lavage peut porter à 75° l'air primaire d'un gazogène chargé de la quantité de vapeur d'eau requise, pour donner une excellente marche au gazogène, sans avoir recours à une chaudière à vapeur. Or, comme ici l'air n'est porté qu'à 75°, l'économie n'est plus que de 12, 0/0 bien entendu.

Le gazogène ou les gazogènes sont soufflés dans ce cas du ventilateur, système Root de préférence.

Au paragraphe 13, nous avons vu qu'en soufflant un mélange de vent primaire (air et vapeur d'eau) à 250° en moyenne, 13, 0/0 du calorique donné à ce vent sont employés à la production de la vapeur et 8, 0/0 à leur surchauffe à 250°, faisant un total de 13 + 8 = 21, 0/0, donc : ici l'économie peut être estimée à 12, 0/0 en bonne pratique industrielle; ces 13, 0/0, + 8, 0/0 = 21, 0/0 sont comptés sur la consommation des gazogènes, prise ici comme unité de 100, pour la dépense totale (1).

Le saturateur et le laveur *(fig. 19, Pl. 26)* ne font qu'un seul ensemble, composé de deux colonnes superposées, la colonne supérieure, comme celles de tous nos laveurs, épure le gaz et le refroidit à + 15° et l'eau de lavage qui s'en échappe à 75° ou 80° passe par un syphon de sécurité de 1,500 m^3 à 2 *m* de garde d'eau dans le saturateur où elle cède au vent primaire le calorique nécessaire pour le porter à 70° et 75°, et pour le saturer à cette température.

Dans ces appareils laveur et saturateur, l'échauffement comme le refroidissement y sont graduels et méthodiques, ainsi que la figure 19 le fait bien voir.

A titre de renseignement, je donne ci-dessous les quantités de vapeur d'eau que peut dissoudre 1 m^3 d'air sec pris à 0° et à 760, soit 1,300 *kg* d'air sec porté par filtration, agitation et barbotage dans l'eau, aux températures de + 15° jusqu'à + 85° comme dans notre saturateur figure 19.

(1) Dans la pratique industrielle, des moteurs à gaz soufflés à la vapeur ; les chaudières laissent beaucoup à désirer, car leur dépense varie entre 35, et 45, 0/0 de la valeur de celle des gazogènes.

TABLEAU N° 3.

Températures auxquelles sont faites les saturations de l'air (vent) filtrant à travers un laveur saturateur à l'eau chaude à...	Poids d'eau dissoute et emportée par mètre cube d'air pris à 0° et à 760, soit pour 1,300 *kg* d'air porté aux températures correspondantes ci-contre.	Poids total du mélange d'air et de vapeur d'eau aux températures correspondantes.
—	—	—
	Kilogrammes.	Kilogrammes.
+ 15°	0,013,64	1,3 + 0,013 = 1,313
+ 20°	0,018,81	1,3 + 0,018 = 1,318
+ 25°	0,025,69	1,3 + 0,025 = 1,325
+ 30°	0,034,80	1,3 + 0,034 = 1,334
+ 35°	0,046,81	1,3 + 0,046 = 1,346
+ 40°	0.062,60	1,3 + 0,062 = 1,362
+ 45°	0,083,38	1,3 + 0,083 = 1,383
+ 50°	0,110,88	1,3 + 0,110 = 1,410
+ 55°	0,147,17	1,3 + 0,147 = 1,447
+ 60°	0,196,02	1,3 + 0,196 = 1,496
+ 65°	0,262,77	1,3 + 0,262 = 1,562
+ 70°	0,356,41	1,3 + 0,356 = 1,656
+ 75°	0,493,04	1,3 + 0,493 = 1,793
+ 80°	0,704,79	1,3 + 0,704 = 2,004
+ 85°	1,066,50	1,3 + 1,066 = 2,366

On voit donc que, si un kilogramme de carbone est oxydé, soit gazéifié en CO, moitié l'O de l'air et moitié par l'O de HO, il ne faut que $\frac{4{,}4405\ m^3 \times 1{,}300\ kg}{2} = 2{,}886\ kg$ d'air sec pour sa gazéification avec $0{,}500\ kg \times \frac{9}{6} = 0{,}750\ kg$ de vapeur d'eau ; d'où il suit que 1 m^3 d'air pris à 0° et à 760, soit 1,300 *kg* d'air, doit renfermer au minimum $\frac{0{,}750\ kg \times 1{,}300\ kg}{2{,}886\ kg} = 0{,}338\ kg$ de vapeur d'eau, qui sont obtenus, quand il est porté aux températures voisines de 70°, comme l'indique le tableau ci-dessus, et donc, comme on vient de le voir, avec de l'eau arrivant au saturateur à la température de 75°, on donne au vent plus de vapeur d'eau qu'une bonne production de gaz mixte n'en peut réclamer au minimum.

§ 22. — Gazogène marchant par aspiration pour moteurs à gaz.

Dès 1862, M. Arbos (1), professeur à l'Université de Barcelone, avait imaginé un petit gazogène au charbon de bois pour les moteurs Lenoir de cette époque, qui dépensaient 3 m^3 de gaz d'éclairage par heure et par cheval, pour des puissances de 1 à 6 *ch* effectifs au plus. Le gazogène Arbos avait environ 1,30 *m* de hauteur et 0,650 *m* de diamètre extérieur ; il était entouré d'une gouttière à eau utilisant la chaleur perdue par ses parois ; l'eau chaude coulait au cendrier, qui avait la forme d'un bac et qui la recevait chaude ; l'air entrait librement sous la grille du cendrier où il se saturait plus ou moins de vapeur d'eau ; le mélange d'air primaire et de vapeur aspiré par le moteur traversait le charbon de bois incandescent en se transformant en gaz mixte à 1 340, calories le mètre cube environ, ramené à 0° et à 760. Ce gaz refroidi dans un réfrigérant, sous l'aspiration du moteur, y pénétrait en même temps que l'air secondaire pour y faire un mélange tonnant. Donc, ce nouveau générateur de gaz ne se composait que de deux pièces ou appareils : 1° le gazogène à air libre, et 2° le réfrigérant, de sorte qu'un tuyau d'aspiration mettait le réfrigérant en communication avec le moteur et ce réfrigérant par un autre tuyau, était en communication avec le gazogène ; donc, pas de ventilateur soufflant, pas de soufflerie à vapeur et pas de gazomètre ; le moteur aspirait directement le gaz produit au fur et àmesure de sa consommation, laquelle était proportionnelle à la valeur de l'aspiration du moteur. Moteur réfrigérant du gaz et gazogène faisaient un petit groupe de trois appareils de très petit volume se touchant et prenant fort peu de place, ce qui était parfait, en apparence ; mais, comme il fallait 4 m^3 de gaz Arbos pour remplacer 1 m^3 de gaz d'éclairage $\frac{5\,360 \text{ calories}}{1\,340 \text{ calories}} = 4\ m^3$, il fallait donc : $3\ m^3 \times 4\ m^3 = 12\ m^3$ de gaz Arbos par cheval-heure indiqué, que les résistances passives réduisaient à rien. Si le moteur Lenoir de 1862 tournait bien à sa vitesse normale avec le gaz Arbos, il ne produisait aucun effet utile ; la moindre friction sur sa poulie ou volant l'arrêtait net.

(1) Voir à ce sujet le *Bulletin* d'octobre 1891, de la Société des Ingénieurs civils de France : *les Moteurs à gaz, paragraphe 12.*

Il y a dix ans environ, M. Bénier a modifié le gazogène Arbos, pour la marche au coke et à l'anthracite, mais en l'accouplant à un moteur de son invention qui ne manquait pas de certaines qualités dans ses dispositions originales et toutes particulières à M. Bénier. Dans ces derniers temps, M. Taylor a simplifié le gazogène Bénier pour l'appliquer à tous les petits moteurs à gaz de la puissance de 2, 3, 4 *ch* et même à celle de 50 *ch*.

Ici (*fig. 33, 34 et 35, Pl. 28*), je donne un gazogène pour moteur de 15 à 25 *ch* effectifs de notre construction qui a très bien fonctionné. La figure 33 fait voir un réchauffeur d'air primaire récupérateur et utilisant la chaleur perdue par l'échappement de moteur pour chauffer l'air primaire à 200° environ. Ce récupérateur est surmonté d'un saturateur à pluie d'eau chaude à 50° (1) + 50° = 100°, venant des enveloppes du moteur, après avoir traversé un réchauffeur faisant fonction de réfrigérant pour le gaz qui s'échappe du gazogène, donc utilisant la chaleur perdue qui s'échappe de cet appareil; dans cette traversée ou passage, l'eau est portée de 50° à 100° avec une notable production de vapeur, qui va au saturateur. L'air primaire saturé passe sous l'aspiration du moteur dans le cendrier du gazogène, dont la porte de décrassage de la grille est fermée (on ouvre cette porte toutes les deux heures pendant quatre à cinq minutes pour enlever les cendres et machefers quand il s'en forme). Le gaz produit (*fig. 34*) passe du gazogène dans un petit laveur épurateur surmonté dans un sécheur filtrant ne faisant qu'un seul et même appareil, pour se rendre directement au moteur, sous l'action de son aspiration. La figure 35 donne la vue en plan du groupement des trois appareils : 1° récupérateur saturateur; 2° gazogène, et 3° laveur sécheur du gaz.

Pour la mise en marche, on ouvre la cheminée d'allumage (*fig. 34*) jusqu'à production de bon gaz tonnant (combustible); quand ce gaz est obtenu, on souffle le gazogène avec un ventilateur à manivelle et à la main pour remplir de bon gaz le laveur sécheur et les tuyaux allant au moteur: bon gaz dont on vérifie la qualité par un robinet d'épreuve placé contre la boîte à clapet d'aspiration de gaz du moteur. Quand on trouve le gaz bon, ce qui est l'affaire d'une à deux minutes, on fait tourner le moteur à la main (3 ou 4 tours) et les explosions se succèdent, le moteur est en bonne marche. Jusqu'aux puissances de 50 à 60 *ch*

(1) 50° étant la température de l'eau sortant des enveloppes.

effectifs, avec du bon anthracite bien concassé aux grosseurs de 30 à 45 *mm* et bien dépoussiéré, ou bien avec des houilles maigres du Nord et de Charleroi, ainsi qu'avec du bon coke cassé aux mêmes grosseurs également et dépoussiéré (1), on obtient une très bonne marche ne laissant rien à désirer ; mais, pour des puissances plus grandes que celle de 60 *ch*, on éprouve beaucoup de difficultés pratiques pour la mise en marche (2) ; comme pour l'entretien en marche, le nettoyage de la grille prenant trop de temps et amenant des perturbations provoquant des arrêts brusques par suite de la production de mauvais gaz, qui arrivent directement au moteur, l'immobilise net, puisqu'il n'y a pas ici de gazomètre régulateur. Les flèches numérotées de la planche 28 font voir les mouvements des fumées d'échappement du moteur, de l'air primaire et du gaz.

Pour des petites forces, avec des combustibles de premier choix et de première qualité, la marche de ces petits gazogènes pour des puissances de 4 à 30 *ch* est irréprochable ; mais, comme je viens de le dire, pour de grandes puissances, la marche par aspiration est peu pratique, puis, d'un autre côté, l'emploi exclusif de combustible de choix rend onéreux le prix de revient de la force motrice, du moins aujourd'hui.

§ 23. — Difficultés pour la mise en marche des moteurs à gaz de grande puissance.

Tourner à bras un volant de moteur à gaz de la force de 200 à 500 *ch* est chose impossible. Les manivelles et les engrenages sont trop lents, la compression se perd par les fuites du ou des pistons et les clapets de distribution, les explosions sont impuissantes à donner la mise en route. Les compresseurs d'air à 8 et 10 *kg*, dans des réservoirs accumulateurs, deviennent indispensables, alors on met le moteur en marche comme une machine à air comprimé et, quand le moteur a pris sa vitesse normale de rotation, on ferme le tuyau d'air comprimé et on ouvre ceux de gaz et d'air secondaire et la mise en service est faite, si le gaz est de bonne qualité. Certains constructeurs compriment à 5 et 6 *kg* (6 à 7 *atm*) un mélange tonnant, qui est ainsi brusquement introduit et enflammé dans le cylindre moteur, et la mise en route est beaucoup plus rapide, mais il y a toujours le danger de communiquer le feu dans le réservoir accumulateur, lequel,

(1) Pour la marche au coke la hauteur du gazogène doit être doublée.
(2) Difficultés que la mise en marche électrique fait disparaître.

pour ne pas sauter, doit être timbré à 25 *atm* et muni de soupapes de sûreté en conséquence. Il y a encore le système à deux réservoirs accumulateurs timbrés à 6 *kg*; l'un renfermant le gaz et l'autre de l'air secondaire; comme variante, il faut citer aussi l'accumulateur réservoir à air à 6 *kg*, qui fait passer son air dans un très petit carburateur à l'essence de pétrole, etc., qui donne une inflammation à la première course du piston; bien entendu, dès que le moteur a sa vitesse normale de rotation, on coupe net la communication avec les appareils de mise en marche de quelque système que ce soit.

Enfin, il y a la mise en marche électrique, qui est la plus commode et la plus élégante, quand la transmission de la force (énergie) se fait par l'électricité, car, dans ce cas, le moteur donne le mouvement à une dynamo génératrice et, si l'installation dispose d'accumulateurs assurant pour dix minutes de marche la force motrice du quart de la puissace nominale du moteur, on n'a qu'à mettre la dynamo génératrice en communication avec les accumulateurs en manœuvrant son commutateur, et le moteur se met en marche; quand il a pris sa vitesse normale, on coupe net le circuit électrique et on donne le gaz; le moteur est en marche sans avoir à tourner au volant et sans aucune autre manœuvre que celle de donner le courant, de le couper et de donner le gaz; un seul homme peut faire cette manœuvre en trois temps en moins de deux minutes (1).

Il semble que, dans un temps prochain, les moteurs à combustion pour les très grandes puissances seront préférés aux moteurs à explosion. Le moteur Gardie, quoique bien loin d'être encore pratique, promet beaucoup, du moins aux chercheurs qui marcheront dans la voie ouverte par cet inventeur, car le moteur Gardie a la souplesse et l'élasticité de la machine à vapeur, comme sa docilité.

§ 24. — Dégoudronneurs des soupapes. (Valves ou clapets d'admission de gaz dans les moteurs à gaz.)

Aux paragraphes 8 = *d* et 15 j'ai fait connaître les très grandes difficultés que l'on éprouve pour débarrasser complètement le gaz de son goudron des gazogènes et j'ajouterai encore une fois

(1) Au supplément, paragraphe 34, je ferai voir encore quelles sont les difficultés que présentent, dans certains cas, aux vendeurs et acheteurs, les moteurs à gaz.

que même des anthracites de premier choix à 7 et 8 0/0 de matières volatiles dans lesquelles on ne trouve seulement que 0,03 0/0 de goudron rendent impossible la marche de certains moteurs à gaz par le collage de leurs soupapes *(goudron obtenu en vase clos par une distillation à température lente et modérée pour en extraire le maximum liquide)*; donc, dans un gazogène, de tels combustibles ne peuvent fournir 0,02 0/0 de goudron, soit $\frac{0,02}{100} = \frac{1}{5\,000}$ ou 1 *kg* pour 5 *t* = 5 000 *kg* ou encore 1 *kg* pour 5 000 *kg* $\times$ 4,350 m^3 = 21,750 m^3 de gaz ramenés à 0° et à 760. D'où il suit que dans un mètre cube de gaz il n'y a que $\frac{1\ kg}{21\,750} = 0{,}045\ g$, soit moins que 1/22 de gramme. Cette quantité infinitésimale par 1 m^3 ou pour 1,150 *kg* de gaz suffit pour arrêter un gros moteur à gaz de 300 *ch* plus facilement encore qu'un petit moteur de 3 à 4 *ch*, et ceci en quelques heures de marche : donc, pouvant arrêter complètement un atelier où sont employés plusieurs centaines d'ouvriers ; aussi l'épuration du gaz est-elle la chose capitale en matière de goudron pour bien assurer le service des moteurs à gaz.

Ainsi tel anthracite sortant de la mine peut donner du goudron aux soupapes d'admission d'un moteur et l'arrêter net ; puis, au bout de quinze jours à trois semaines d'exposition à l'air et à la pluie, le même anthracite n'en donnera plus au gaz du moteur ; pour en redonner à nouveau au bout de deux à trois mois, quoique toujours pris au même tas, provenant de la même expédition de la même mine. Aussi, cette question de traces infinitésimales de goudron dans le gaz des moteurs à gaz donne-t-elle lieu à un grand nombre de difficultés entre les constructeurs-mécaniciens et leurs clients, se terminant souvent par des procès, les usines étant arrêtées (1) D'un autre côté, c'est un continuel souci pour un industriel que de recevoir une nouvelle livraison, même d'anthracite de premier choix, car il ne peut s'empêcher de se demander si le surlendemain son usine ne sera pas arrêtée avec deux cents ouvriers en chômage, ce qui est d'une extrême gravité.

Donc, malgré tous les soins donnés pour la bonne épuration

(1) Certains observateurs croient que les combustibles bitumineux plus ou moins se modifient par oxydation à l'air et à la pluie, que cette oxydation plus ou moins grande modifie la nature des goudrons de ces combustibles ; de là, la présence du goudron par moment dans le gaz.

du gaz d'un moteur, on est en droit de se demander, malgré tout, si, à un moment inattendu, pour une cause quelconque, des traces de goudron ne vont pas coller les soupapes d'admission du gaz d'un moteur (à gaz) et arrêter une usine. C'est pourquoi j'ai pensé qu'un dégoudronneur de soupape d'admission est indispensable à tout moteur bien construit. Comme on le sait, le pétrole épuré du commerce dit « lampant » est le meilleur agent de nettoyage des pièces engluées de goudron ; donc, si une boîte à clapet ou soupape peut recevoir du pétrole, comme dans une machine à vapeur, reçoit de l'huile de graissage, au lieu d'un graissage, on aura un dégraissage dégoudronneux; pour réaliser ce dégoudronnement, nous employons *(Pl. 28, fig. 36, 37 et 38)* un récipient avec un entonnoir à robinet d'introduction de pétrole, à robinet d'écoulement dans la boîte à clapet, à aiguille de réglage d'écoulement du pétrole, à tube de communication de pression pour éviter les chocs et pressions anormales sur le liquide (pétrole) dans le récipient (qui a la forme extérieure d'un graisseur de machine à vapeur) *(fig. 37 et 36)*. La tige du clapet pouvant aussi s'engluer, un second récipient semblable au premier, introduit du pétrole dans sa douille, pour dissoudre le goudron et le faire passer au cylindre où il est brûlé avec le gaz moteur.

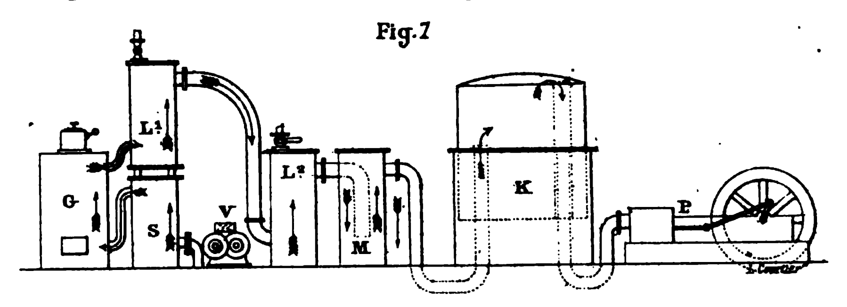
Les figures 36 et 38 font aussi voir un rochet, à un nombre premier de dents, qui, par son mouvement de va-et-vient, le fait tourner de la valeur d'une dent à chaque levée qui est la 37e ou la 41e de la valeur d'un tour; de cette façon, le clapet, dans ce cas, est continuellement rodé, sans usure et parfaitement bien dégoudronné par le pétrole. Par ce moyen, on peut donc assurer la marche d'un moteur à gaz que des traces infinitésimales de goudron pourraient arrêter à tous moments, soit 1/22 de gramme dans 1 m^3 de gaz.

Telles sont les observations que j'ai eu à faire depuis dix-huit mois sur la production du gaz des gazogènes en général et sur celle des hauts fourneaux, ainsi que sur la marche des moteurs à gaz. Croyant ces observations nouvelles et inconnues de la plupart des Ingénieurs s'occupant des questions de la production des gaz de gazogènes et des moteurs à gaz pauvres, je m'empresse de les faire connaître par ce mémoire à mes collègues.

Paris, le 30 mars 1901.

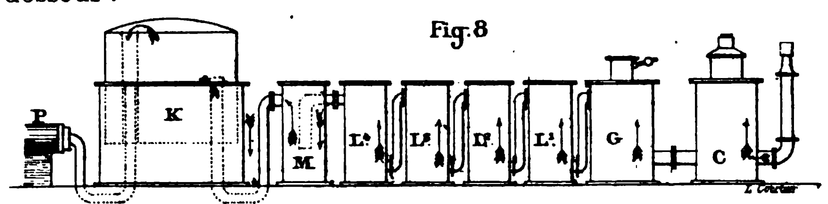
§ 25. — Trois types d'installations de forces motrices.

1° Installation pour force motrice à l'anthracite, à la houille maigre anthraciteuse et au coke, figure 9 ci-dessous :



G, gazogène soufflé par un ventilateur *(Pl. 26, fig. 1, 2, 3)*.
L^1, premier laveur à l'eau chaude *(Pl. 26, fig. 19 et 14)*.
S, saturateur du vent *(Pl. 26, fig. 19)*.
V, ventilateur système Root.
L^2, second laveur-condenseur *(Pl. 26, fig. 15)*.
M, sécheur du gaz *(fig. 4, § 8)* dans le texte.
K, gazomètre à prise de gaz supérieure.
P, moteur à gaz.

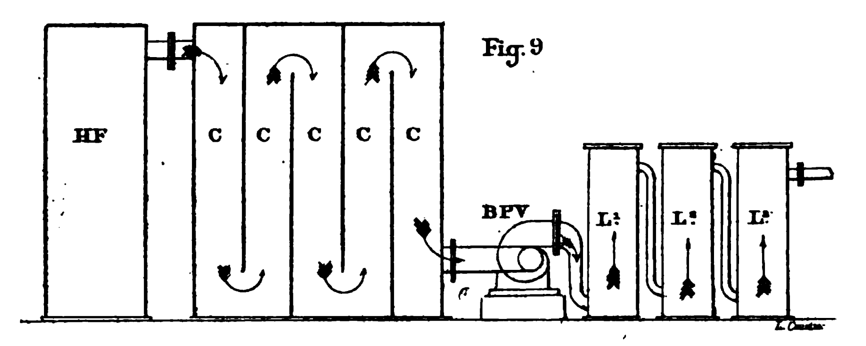
2° Installation pour force motrice au splint-coal, au lignite, à la tourbe, au bois, etc. (combustibles goudronneux), figure 8 ci-dessous :



C, soufflerie à vapeur surchauffée *(Pl. 26, fig. 7, 8 et 9)*.
G, gazogène soufflé au vent chaud à 250° *(Pl. 26, fig. 4, 5, 6)*.
L^1, premier laveur entre 80 et 100°
L^2, deuxième laveur entre 60 et 80°
L^3, troisième laveur entre 45 et 60°
} *(Pl. 26, fig. 14, 15 et 16)*. Dans le texte, *fig. 6*, § *17 a*.
L^4, laveur-condenseur *(Pl. 26, fig. 15)*.
M, sécheur du gaz *(fig. 7, § 8)* dans le texte.
K, gazomètre à prise de gaz supérieure au plafond.
P, moteur à gaz.

N.-B. — Aujourd'hui (en février 1902), nous reconnaissons qu'entre le laveur L^1 et le laveur L^2 un ventilateur-pulvérisateur-laveur comme celui BPV de la figure 9 ci-dessous, est à intercaler indispensablement pour expulser les dernières traces de goudron; avec ce ventilateur-laveur *à l'eau chaude*, le dernier laveur L^3 peut être supprimé et le laveur-condenseur L^4 prend la place de L^3.

3° Installation pour force motrice au gaz des hauts fourneaux, figure 9 ci-dessous :



HF, haut fourneau des types courants.

CCCCC, chicanes silésiennes pour précipiter les grosses poussières.

BPV, broyeur pulvérisateur, ventilateur et laveur *(Pl. 26, fig. 20 à 25)*.

L^1 à L^3, laveur du type de celui de la figure 6 *a* (§ *17*) dans ce texte, à fibres ou laine de bois et grésillons de coke par séries de tronçons superposés alternativement.

A la suite du troisième laveur, sont placés comme dans les deux autres installations ci-dessus :

M, un sécheur du gaz *(fig. 4*, § *8)* dans ce texte;

K, un gazomètre régulateur;

P, le moteur ou les moteurs.

On remarquera ici que, pour le cas des hauts fourneaux, il y a lieu d'associer au pulvérisateur laveur BPV un régulateur d'aspiration à retour de gaz du refoulement dans l'aspiration (*by-pass*), quand la pression effective dans les chicanes CC tombe au-dessous de + 15 *mm* d'eau, soit de 1 *atm* + 0,015 *m* d'eau.

APPENDICE

Le 15 août 1901.

§ 26. — Premiers essais pratiques d'épuration ayant donné de bons résultats, pour le gaz des Hauts Fourneaux.

Depuis le 2 mars, j'ai eu l'occasion, en attendant la construction de l'appareil décrit paragraphe 17 *b (Pl. 26, fig. 20 à 25)*, de faire lancer deux jets d'eau dans un des deux ventilateurs-extracteurs-exhausteurs, d'une de nos installations d'épuration de gaz de hauts fourneaux, qui se compose : 1° de grandes chicanes silésiennes ; 2° de réfrigérants dits jeux d'orgue ; 3° de laveurs comme ceux décrits paragraphe 17 *a (fig. 6)*, et 4° de caisses d'épuration ou filtres à laine (fibres) de bois, avec étoffe de flanelle en faisant de vrais matelas filtrants.

Cette grande, belle et très coûteuse installation d'épuration, avant l'addition des deux jets d'eau, dans les œillards d'un ventilateur, n'a donné rien de bon ; seules les trois colonnes *(fig. 6)* enlevaient quelque peu de sublimé, mais en quantité tellement petite, que, pratiquement, on pouvait considérer comme nul leur effet utile ; car le moteur de 300 *ch*, qui avant ces laveurs ne pouvait marcher pendant trois quarts d'heure, pouvait alors aller à peine une journee entière sans arrêt forcé, dû aux dépôts de sublimé dans ses cylindres et boites à clapets de distribution. L'injection de 2 *l* d'eau par mètre cube de gaz à épurer, faite le 4 mars 1901, à titre d'essai, a donné d'excellents résultats, puisque, au bout de six semaines de marche, on constatait qu'il n'était pas nécessaire de nettoyer le moteur pour cause de sublimé. Deux autres installations semblables, pour des puissances de 2 000 et de 6 500 *ch* qui, depuis plusieurs mois, se trouvaient de même dans l'impossibilité de marcher, ont aussi injecté, vers le 15 mars, de l'eau dans leurs ventilateurs-exhausteurs et s'en sont aussi parfaitement bien trouvés, en faisant de ces appareils des exhausteurs-laveurs ; mais, après un certain temps de marche, il a été reconnu que pour avoir une épuration bonne et complète, un second ventilateur-laveur devait être mis à la suite du premier ; depuis cette addition, on trouve que le gaz est pratiquement bien épuré, pour les moteurs à gaz, mais les deux ventilateurs-laveurs absorbent une force de 80 *ch* sur

6 500 *ch*, soit 1,1/3. 0/0; la vitesse tangentielle est de 55 *m* à la seconde, à la circonférence des turbines des ventilateurs-laveurs.

Il est aujourd'hui bien prouvé qu'un tel laveur-épurateur de 2 000 *f* remplace, avec succès, 100 000 *f* de colonnes (scrubbers), caisses filtrantes, etc., qui ne donnent presque rien en effet utile pratique. Mais des ventilateurs pulvérisateurs-laveurs (spéciaux), pour l'épuration des gaz des hauts fourneaux et des gazogènes, donneront des résultats parfaits avec une épuration des plus complètes et absolue: tel est, par exemple, l'appareil représenté *(Pl. 26, fig. 20 et 25)* qui, par son double mouvement, son laminage et ses chocs multipliés, fait disparaître jusqu'aux dernières traces de sublimé.

Maintenant, il est bon de dire deux mots sur l'action des ventilateurs-laveurs. Dans ces appareils, la vitesse de mouvement est très grande: elle varie entre 30 et 60 *m* par seconde; pour le gaz, ces vitesses correspondent à des charges exprimées en colonne d'eau de 0,060 *m* à 0,240 *m*; mais pour l'eau de lavage, ces mêmes vitesses correspondent à des charges ou pressions de 46 à 185 *m*, soit encore à des pressions de 4,5 *kg* à 18 *kg* par centimètre carré; d'où il suit que le sublimé se trouve écrasé par l'eau sous des pressions variables, depuis 4 jusqu'à 18 *kg* par centimètre carré ou de 40 à 180 *t* par mètre carré (1) de surface d'aubes. Sous de telles pressions, le sublimé étant écrasé dans l'eau, y est mouillé, en formant de la boue; il cesse d'être volatil et celle-ci s'écoule avec l'eau, sous forme de laitance, dans des bassins de décantation dont nous parlerons plus loin.

Les poussières des goudrons des gazogènes, se comportant comme le sublimé, seront aussi expulsées par les mêmes moyens. La résistance des sublimés, comme des poussières de goudron à se mouiller, est due à ce que ces matières sont douces et onctueuses au toucher; sans de grandes pressions elles ne sont pas mouillées, l'eau coule dessus comme sur les plumes des oiseaux aquatiques. Le sublimé est rempli de gaz, que la grande pression dans l'eau expulse, tout comme des bulles infiniment petites de goudron; si le goudron n'est pas mouillé par de *l'eau chaude*, quoique sa densité soit plus grande que celle de l'eau, il ne plonge dans celle-ci; mais, quand bien même le

(1) Vu l'état de division extrême de la pluie d'eau de lavage qui forme un véritable brouillard, les pressions 4,5 *kg* à 18 *kg* ne sont très probablement pas réalisées qu'au tiers ou au quart et, comme le ventilateur-laveur donne au gaz, dans les installations en marche 250 *mm* de pression d'eau, on peut estimer à 4 et 5 *kg* la pression que le brouillard exerce sur les poussières du sublimé.

goudron nagerait sur l'eau, en sortant du ventilateur-laveur, ayant perdu ses gaz sous des pressions de 4 à 5 *kg* s'il y a lieu, il cessera d'être volatil, ce qui est la chose capitale pour en être débarrassé ; car, si les liquides des goudrons légers n'avaient que la densité de 0,8 *kg*, celle de l'eau étant 1 *kg*, ces liquides seraient encore 666 fois plus lourds que le gaz. Donc, ici, l'action du ventilateur-laveur peut être comparée à celle d'une presse hydraulique qui comprime et écrase une matière spongieuse, caverneuse et plastique, en lui donnant sa densité réelle, mais avec la température de fusion pour le goudron.

Comme on vient de le voir, les pressions qui peuvent s'exercer sur les parois des aubes d'un ventilateur-laveur sont très considérables et, donc, pour résister à de telles pressions, leur construction exige des dispositions spéciales particulières, telles que celles que nous avons données à l'appareil représenté sur la planche 26, auquel on reproche son prix relativement élevé, comparé à celui d'un simple ventilateur ordinaire. Dans le but de faire des laveurs-pulvérisateurs moins coûteux, nous avons imaginé l'appareil *(Pl. 28, fig. 39 à 44)* et les *fig. 41, 42, 43 et 44*, font voir les détails de construction de ce genre de ventilateur-laveur double *(fig. 39 et 40)* dont le premier élément souffle dans le second (soit avec expulsion du gaz lavé dans le second) ; l'eau de lavage arrive au centre de l'élément et en sort par le bas de l'enveloppe ou caisson, dans une cuvette à syphon pour joint hydraulique de sûreté. Le double caisson a, en outre, six clapets de sûreté. Le second élément reçoit le gaz sous pression, qu'il refoule après le second lavage dans la conduite générale de gaz épuré et l'eau de ce second lavage sort avec le gaz pour aller s'en séparer, dans un syphon comme celui que l'on voit au paragraphe 8 *a (fig. 4)*. Le gaz épuré va aux appareils de consommation Cowper, chaudières, moteurs à gaz, etc., et l'eau sale se rend aux bassins de décantation. La planche 28 donne les détails de construction des deux turbines de ce ventilateur-laveur où les figures 41 et 42 font voir que ces turbines ont des aubes coupées en quatre longueurs, avec trois vides égaux, à la moitié de la hauteur des quatre parties constituant lesdites aubes, faisant successivement avec les rayons des turbines des angles 0°, de 10°, de 15° et de 20°, forçant ainsi les jets d'eau et de gaz à se briser et à se pulvériser sur les parois de ces aubes, qui sont également espacées d'une demi-hauteur ; c'est ce qui fait que, par cercle, les aubes sont en plus grand nombre

à la circonférence extérieure qu'à celle intérieure, ce qui assure encore la division, le frottement et les chocs produisant une bonne épuration.

Nous avons encore étudié plusieurs variantes de turbines avec caissons et simples cloisons fixes où deux demi-turbines font fonction de laveurs-épurateurs et où celle du milieu, double, agit comme essoreuse ou sécheur centrifuge du gaz, celui-ci s'échappant par le haut et les eaux de lavage et d'essorage s'écoulant par le bas, aux bassins de décantation, comme on le voit *(Pl. 28, fig. 45)*.

§ 27. — Conditions particulières que doit réaliser une installation pour l'épuration des gaz des hauts fourneaux.

Généralement les hauts fourneaux sont par groupes de 3, 4, 6 et 8, donnant tous leurs gaz dans une grande conduite générale appelée collecteur, d'où ces gaz sont pris pour divers chauffages et où toujours dominent les services des chaudières à vapeur et des appareils à air chaud, auxquels va s'ajouter celui des moteurs à gaz. Donc, pour éviter des accidents de toute nature et principalement de terribles explosions, il faut que la pression du gaz ne puisse jamais tomber au-dessous de la pression atmosphérique dans le collecteur et dans tous ces branchements. Mais, comme le gaz est fortement aspiré puis refoulé par les ventilateurs-pulvérisateurs-laveurs, faisant fonction d'exhausteurs, il faut donc que par un système de By-Pass simple, pour des tuyaux ou conduites qui peuvent avoir plus de 2 *m* de diamètre, la pression reste invariable dans le collecteur, une fois fixée pour toutes à 0,025 *m* ou 0,050 *m* au-dessus de la pression atmosphérique. C'est pour avoir la simplicité indispensable dans ce cas, que nous avons cherché un By-Pass sans aucun organe ou appareil mécanique et sur la sécurité duquel on puisse sérieusement compter, pour un service continu de jour et de nuit, pour des campagnes sans arrêt, de plusieurs années. La double disposition que nous avons adoptée, pour collecteur sous terre en tunnel et pour collecteur en tuyaux en l'air, est la suivante : 1° la planche *29. (fig. 47, 49 et 50)* donne la disposition pour collecteur en tunnel et la légende de son dessin explique bien le mouvement du gaz, par ses flèches. Le ventilateur-laveur doit

toujours aspirer et mettre en mouvement deux fois le volume de gaz donné par le haut fourneau et consommé par les appareils à air chaud, les chaudières à vapeur et les moteurs à gaz; dans ces conditions, la moitié du volume de gaz déplacé par le ventilateur ou turbine-laveuse va à la consommation, comme l'indique la flèche du mouvement dans le collecteur *g*, et l'autre moitié retourne dans le caisson *a* par le tuyau *h*, comme l'indiquent les flèches à l'aspiration du ventilateur-laveur C. Si donc le laveur refoule 2 volumes en *g*, et y aspire 1 volume, la pression en *g* restera constante, la turbine-laveuse n'étant qu'un simple appareil de déplacement dans une même enceinte. Mais comme le tuyau *a* ne fournit que la moitié du volume aspiré par le ventilateur ou turbine C et que l'autre moitié arrive par le tuyau *h* en se mélangeant avec la première dans le caisson commun *a'*, le gaz sera donc, en moyenne, lavé deux fois et, si, pour une raison quelconque ou accident, la turbine-ventilateur-laveur cesse de tourner (de fonctionner), le gaz arrivant toujours par le tuyau *a* dans le caisson *a'* s'écoulera en *g*, en passant par le tuyau *h*, comme les flèches l'indiquent, en même temps qu'une autre partie de ce gaz traversera le ventilateur C, arrêté pour se rendre en *g* par le tuyau *f*. Donc aucun accident ne peut se produire du fait de la turbine (ventilateur-laveur) en mouvement comme arrêtée pour une cause quelconque ou imprévue, même instantanée; l'allure des hauts fourneaux ne peut donc aucunement être troublée en quoi que ce soit par l'installation de cette épuration de gaz pas plus que celle des gazogènes au coke; 2° la figure 50, (*Pl. 29.*) donne la seconde disposition pour collecteurs aériens (en l'air), dont le diamètre peut atteindre dans les groupements de huit hauts fourneaux 2,500 *m*, et où, quand six ou sept hauts fourneaux sont en activité, la vitesse d'écoulement du gaz ramené à + 15° est de 10 à 12 *m* par seconde; vitesse maxima qu'il ne faut pas dépasser. Ces gros collecteurs se placent sur colonnes, sur pilônes ou sur des piliers en maçonnerie à une hauteur de 5 à 6 *m* au-dessus du sol, comme on le voit figure 50; dans ce cas, le collecteur *g'* y remplace le tunnel *g* des figures 47 et 48; du reste, les mêmes lettres de la légende désignent les mêmes parties des appareils ou leur équivalent dans les deux cas, les choses restant les mêmes.

§ 28. — Quantité d'eau mise en mouvement pour un groupe de huit hauts fourneaux de 100 tonnes de production, l'un par vingt-quatre heures, dont sept sont en activité, et puissance motrice réclamée pour tous les services de l'épuration.

1° Sept hauts fourneaux, produisant 100 *t* par jour de fonte, l'un, consomment en coke, en moyenne $120\ t \times 7 = 840\ t$;

2°	Gaz ramené à 0° et à 760 produit par jour :				3 932 000 m^3
3°	—	—	—	heure :	163 833 m^3
4°	—	—	—	minute :	2 730 m^3
5°	—	—	—	seconde :	45,5

N. B. — A température moyenne après le lavage, on peut compter sur un volume à la seconde de 50 m^3;

6° Le poids de gaz de hauts fourneaux produit par seconde peut être évalué en moyenne à $50\ m^3 \times 1{,}2\ kg = 60\ kg$;

7°	Quantité d'eau employée par jour pour le lavage :				8 640 m^3
8°	—	—	heure	—	360 m^3
9°	—	—	minute	—	6 m^3
10°	—	—	seconde	—	100 *l*

Plus haut nous avons vu qu'au minimum il faut donner au laveur-pulvérisateur une vitesse tangentielle de 30 *m* à la seconde et de 60 *m* au maximum. Pour le gaz à ces vitesses correspondent des pressions, exprimées en colonnes d'eau de 0,060 *m* et de 0,240 *m* et par l'eau de 46 à 185 *m*.

Dans le premier cas, le travail moteur absorbé est de :

1° Pour comprimer le gaz $\frac{60\ kg \times 50\ m \times 1{,}6}{75\ kg} = 64\ ch$;

2° Pour lancer l'eau $\frac{100\ kg \times 46\ m \times 1{,}6}{75\ kg} = 98\ ch$;

3° Le travail total effectif est de 162 *ch*;

auquel il faut ajouter le travail des pompes pour relever l'eau des bassins de décantation au nombre de 6 à 8, soit à la hauteur de 1,250 *m* de bassin à bassin et enfin à 20 *m* dans le réservoir

d'alimentation des turbines-ventilateurs-laveurs, ce qui donne un travail total de :

$$\frac{[(1{,}250\,m \times 8^b) + 20\,m\,] \times 100\,kg \times 1{,}6}{75\,kg} = 64\,ch\,;$$

4° Enfin, le travail total absorbé pour tous les services de l'épuration de sept hauts fourneaux produisant 50 m^3 de gaz par seconde peut être évalué à 162 *ch* + 64 *ch* = 226 *ch* effectifs avec un rendement organique de :

$$\frac{100 \times 100}{160} = 62 \text{ à } 63 \text{ 0/0 seulement.}$$

Dans le second cas, donc, pour une vitesse tangentielle de 60 *m* à la seconde à la circonférence extérieure de la turbine (laveur-pulvérisateur), les pressions sont quatre fois plus grandes, pour le gaz comme pour l'eau ; d'où il suit que le travail total réclamé dans le second cas s'élève à :

a) 162 *ch* effectifs × 4. . . .	=	648 *ch* effectifs ;
b) 64 *ch* pour les pompes. .	=	64 —
Travail total pour le second cas	=	712 *ch* effectifs.

On estime aujourd'hui à 3,500 m^3 les consommations de gaz de hauts fourneaux par heure et par cheval effectif ; d'où il suit que dans le premier cas, la consommation totale de gaz par heure sera de :

c) 226 *ch* effectifs × 3,500 m^3 = 791 m^3 à l'heure ;

d) et par seconde de $\frac{791\,m^3}{3\,600''} = 0{,}220\,m^3$.

Dans le second cas, la dépense de gaz sera également, à l'heure, de :

e) 712 *ch* effectifs × 3,500 m^3 = 2 492 m^3 à l'heure ;

f) et par seconde de $\frac{2\,492}{3\,600''} = 0{,}692\,m^3$.

Sur une production de 50 m^3 par seconde, dans le premier cas la dépense sera :

g) de $\frac{0{,}220\,m^3 \times 100}{50\,m^3} = 0{,}44$ à 1/2,0/0.

Et dans le second cas la dépense :

h) est de $\frac{0{,}692\,{}^3m \times 100}{50\,m^3} = 1{,}384$ à 1, 1/2.0/0.

Donc, on voit que, malgré un travail de 226 à 712 *ch* effectifs, la proportion de gaz consommé pour l'épuration n'est que de 1,2. 0/0 au moins à 1, 1/2. 0/0 au plus ; ce qui, en pratique, est une quantité négligeable ; pour les simples ventilations, l'expérience de Differdange, signalée ci-dessus au paragraphe 26, a démontré que la vitesse tangentielle de 50 *m* à la seconde est indispensable avec une pression de gaz de 0,200 *m* d'eau au minimum.

§ 29. — Bassins de décantation des eaux de lavage du groupe des huit hauts fourneaux, faisant l'objet du paragraphe 28 *(Pl. 29.)*.

On admet généralement en Lorraine, comme dans le Luxembourg, que le gaz brut sortant des hauts fourneaux renferme par mètre cube, ramené en moyenne à + 15°, 25 à 35 *g* de poussières, dont 22 à 30 *g* se déposent avec la plus grande facilité à sec dans les bacs des chicanes silésiennes ou à l'état de boues si elles sont à joint hydraulique ; mais, d'une façon comme de l'autre, il reste toujours 2,5 *g* à 3,5 *g* de sublimé, que l'on ne peut précipiter que par les turbines (ventilateurs-laveurs) faisant l'objet des précédents paragraphes (1) ; ces poussières sublimées donnent une eau mousseuse et onctueuse, difficile à précipiter ; comme, d'un autre côté, leur propriété colmatante rend impossible leur filtration sur filtre épurateur, en pratique industrielle, force est donc d'avoir recours à la décantation graduelle et méthodique, dans une série de six bassins où l'arrivée des eaux à décanter se fait au centre et leur échappement à la circonférence, où la vitesse d'écoulement de l'eau est presque nulle.

Si l'on admet qu'au maximum, les turbines laveuses recevront en moyenne 3 *g* de poussières ou sublimé par mètre cube, la quantité de boues qu'on aura à décanter par jour de vingt-quatre heures sera donc de 3 932 000 $m^3 \times 0{,}003$ *kg* = 11 à 12 *t*, et la quantité d'eau en mouvement sera de 8 640 m^3 ; donc, chaque mètre cube d'eau renfermera, en sortant des laveurs-turbines-ventilateurs entre 1,1 *kg* et 1,2 *kg* de boues (avant décantation).

Les bassins *(Pl. 29, fig. 56 à 62)* sont octogonaux et ont un développement en déversoir de 100 *m*, qui, pour une lame

(1) A moins d'employer, comme à Hœrde, 5 (scrubbers) laveurs à 10 cascades, soit à 50 pluies et à 50 filtrations, laissant encore 0,03 *g* de sublimé par mètre cube de gaz.

d'eau de 0,400 *m* de hauteur, donne une section d'écoulement de 100 *m* × 0,4 = 40 *m*².

Ayant 100 *l* d'eau à écouler par seconde par une telle section, la vitesse n'y sera donc que de $\frac{0{,}100\ m^3}{40\ m^2} = 0{,}002.1/2\ m$ à la seconde.

Or, à la vitesse de 2,5 *mm* par seconde correspond une charge de 0,001 *mm* de hauteur d'eau (pour donner cette vitesse de 2,5 *mm*), soit une charge exprimée en kilogramme, de 1 *g* par mètre carré de surface; dans ces conditions, les matières solides les plus divisées et les plus impalpables une fois mouillées et à l'état de boues se déposeront en vase. Ces grands bassins serviront aussi de réfrigérants, car ils offriront à l'air une surface d'évaporation de 700 *m*² et, avec cinq bassins en service, la surface totale d'évaporation sera 700 *m*² × 5 = 3 500 *m*².

A la température de 40°, l'évaporation dans l'air calme est de 1 *kg* d'eau par heure et par mètre carré ; de sorte qu'une surface de 3 500 *m*², à laquelle il faut ajouter celle des bassins intermédiaires, des rigoles et des caniveaux de communication entre les bassins, les turbines-laveuses et le réservoir d'eau en charge, qui auront plus de 100 *m*², on arrive à avoir une surface totale de :

$$3\,500\ m^2 + 100\ m^2 = 3\,600\ m^2$$

qui, donc, pourront évaporer par heure 3 600 *kg* d'eau à la température de 40°; soit, donc, 1 *kg* par seconde et, donc, en produisant un refroidissement de 578 calories par mètre carré; 578 calories étant la chaleur latente de vaporisation à cette température.

Le gaz des hauts fourneaux s'échappant, en été, à la température de 140° en moyenne en Lorraine, arrivera aux laveurs-pulvérisateurs à 120° au maximum et devra être ramené à + 20° : d'où il suit que la chute de température devra être de 120°—20° = 100° environ.

La quantité de calorique à absorber par seconde, pour l'installation de huit hauts fourneaux dont sept seront en service, sera donc de

$$50\ m^3 \times 1{,}2 \times 0{,}24 \times 100\ \text{cal.} = 1400\ \text{calories.}$$

Ayant 100 *l* d'eau en mouvement par seconde, chaque litre d'eau s'emparera donc de $\frac{1\,400\ \text{cal.}}{100\ l} = 14$ calories. Si sa tem-

pérature initiale est à 26°, elle sera portée à celle de 26° + 14° = 40°.

Mais, comme les bassins de décantation ne disperseront que 578 calories par seconde et qu'il faudrait en disperser 1 400, il faudra donc avoir recours aux réfrigérants à pluies et à vent forcé l'été, pour absorber 1 400 calories — 578 = 822 calories, sans quoi, la température de l'eau dans les bassins pourrait s'élever à 55°. Si le gaz ne pouvait être refroidi qu'à cette température, il renfermerait, par mètre cube pris à 0° et à 760 ou par 1,250 *kg* de gaz, 0,147 *kg* (1) de vapeur d'eau qui pourrait nuire un peu à la bonne combustion dudit gaz; tandis que, ramené à 25°, il n'en renferme plus que 26 *g*. Cependant, il ne faudrait rien exagérer, car on voit très souvent des gazogènes soufflés à la vapeur avec grand excès, n'ayant pas de condenseur à leur suite, donner aux fours qu'ils desservent du gaz à 125, 175 et 350°, chargé d'une beaucoup plus grande quantité de vapeur d'eau, soit 250 *g*, par exemple, par 1,250 *kg* de gaz, et, malgré ça, le chauffage est excellent, la vapeur d'eau, dans ce gaz, se comportant comme l'azote, qui, dans ces 1,250 *g*, s'y trouve pour 760 *g*, et l'acide carbonique pour 240 *g*; de sorte que, en réalité, il ne reste que 250 *g* de gaz combustible, qui brûle d'autant mieux qu'il est fortement réchauffé, ainsi que l'air secondaire, par des accumulateurs-récupérateurs, qui présentent ici un grand intérêt; mais, pour la production de la vapeur, il faut borner la récupération au chauffage de l'air secondaire seulement, à 200° environ; ce qui devient très facile lorsque le gaz est épuré comme on peut le faire aujourd'hui, car, avec des calorifères en fonte, comme celui qui se trouve (*Pl. 7*) dans mon ouvrage : *Sur les combustibles et le chauffage par les gaz*, la récupération sur l'air secondaire lui donnant seulement une augmentation de température de 200° (ce qui est très pratique), jouit de la propriété de donner la combustion complète avec le minimum d'air et avec un accroissement de température initiale de flamme de 150° en moyenne, qui, alors, passe de 1 050° à 1 050° + 150 = 1 200°. Comme la quantité de calorique transmis est proportionnelle aux différences de température, il s'ensuit que, pour de la vapeur (et de l'eau) à la

(1) Voyez, à ce sujet, le tableau 3, ci-dessus, au paragraphe 21: 0,147 *kg* de vapeur d'eau dans 1.250 *kg* de gaz + 1,350 *kg* d'air = 2,600 *kg* de flamme ou de fumée ne font, en poids, que $\frac{147\ g \times 100}{2600\ g}$ = 5 à 6,0/0.

pression de 7 *kg* et à la température de 170°, la différence, pour la combustion à l'air froid, est de 1 050° — 170 = 880°, et, pour la combustion à l'air chaud, de 1 200° — 170 = 1 030°. D'où il suit que l'effet utile des chaudières, soit leur rendement, est augmenté de $\frac{(1\,030 - 880) \times 100}{1\,030°} = 14{,}5$, soit de 14,1/2.0/0 dus à la récupération directe et indirecte.

Il en résulte donc que, si le manque de surface et d'eau force à marcher et à laver le gaz à la température de 55° ; par la récupération sur l'air secondaire seulement, on peut avoir toujours une bonne production de vapeur.

La température de l'eau des bassins de décantation ne pourra jamais, même en été, dépasser 60°, vu qu'à cette température l'évaporation dans l'air calme est de 2,700 *kg* par mètre carré et par heure. Comme, à cette température, le calorique latent de vaporisation de 1 *kg* d'eau est de 564 calories, il s'ensuit donc qu'à 60° 1 m^2 de surface de bassin disperse par heure 2,700 *kg* × 564 cal. = 1 522 calories, soit 1 522 cal. — 1 400 cal. = 122 calories, plus que les gaz à laver pourront en apporter par seconde ; donc, la température de l'eau se maintiendra toujours au-dessous de 60°, soit à 58° au maximum, et, à cette température, 1,250 *kg* de gaz ne pourra renfermer que 190 *g* d'eau (en vapeur dissoute), soit 190 *g* de vapeur sur 1,250 *kg* de gaz + 1,350 *kg* d'air = 2,600 *kg* des produits de la combustion (fumée), ce qui est encore inférieur à 7,1/3. 0/0. Donc, avec de l'air secondaire à 200°, on aura toujours une excellente production de vapeur aux chaudières.

Cette discussion sur l'influence de la température à laquelle le lavage du gaz se peut faire depuis 20° jusqu'à 60°, sur les qualités combustibles dudit gaz lavé et épuré, nous a quelque peu éloigné de la description des bassins de décantation et de celle de leur marche. Comme la planche 29 le fait voir, le groupe de six bassins est disposé pour que cinq bassins soient toujours en service et le sixième en nettoyage ; l'eau sale arrive au centre d'un premier bassin par une rigole, pour s'en échapper par un caniveau-gouttière à l'extérieur ; elle passe par une série de cloisons-chicanes, pour gagner enfin celle faisant enceinte extérieure, où elle arrive avec une vitesse de 0,002.1/2 *m* par seconde. En sortant de ce premier bassin, l'eau tombe dans sa rigole extérieure, qui la conduit dans un récipient ou petit bassin de distribution, d'où elle est prise par une pompe *(fig. 60,*

61 et 62) qui la relève dans une autre rigole, la conduisant au centre d'un second bassin en tout semblable au premier. L'eau sortant de ce deuxième bassin est reprise par une autre pompe qui la refoule au centre d'un troisième bassin, d'où elle sort pour aller dans un récipient-bassin, d'où elle est reprise pour se rendre au quatrième bassin, pour, de là, aller au cinquième, d'où elle est reprise pour être envoyée au réservoir régulateur, parfaitement clarifiée. C'est de ce réservoir que l'eau, en charge de 15 à 20 *m* sur les turbines laveuses, va, par canalisation sous pression, à ce que nous pourrions appeler la ou les laveries de gaz.

Le principe sur lequel marchent leurs appareils est d'avoir :

1° Un premier bassin qui reçoit l'eau sale de lavage au centre, et cette eau chemine du centre à la circonférence avec une vitesse relativement nulle, ce qui lui permet de déposer les matières en suspension qu'elle transporte;

2° Cette eau, partiellement clarifiée, passe dans un deuxième bassin, puis dans un troisième, dans un quatrième et enfin dans un cinquième, où elle laisse successivement des dépôts se précipiter;

3° Quand un premier bassin est à moitié rempli de vase, on le met hors service, le deuxième bassin devient le premier et le sixième bassin, qui était en vidange, devient le cinquième, après avoir été bien nettoyé à fond;

4° Le bassin mis hors circuit (service) à moitié rempli de vase, est laissé en repos une journée après que l'on en a relevé et ouvert toutes les portes-vannes de communication de ses cloisons ; puis on fait fonctionner sa pompe de vidange, qui rejette son eau dans le deuxième bassin, devenu le premier. On descend petit à petit le tuyau d'aspiration de la pompe (tuyau qui est à coulisse) jusqu'à la rencontre de la vase, et, arrivé à celle-ci, on cesse de pomper;

5° Le bassin en vidange, étant débarrassé de son eau, est vidangé au moyen d'une drague qui déverse la vase dans des wagonnets qui la conduisent au dépôt de vase, qui peut être à une distance quelconque (1).

Tous les bassins, les uns après les autres, deviennent des premiers, des deuxièmes, des troisièmes, quatrièmes et cinquièmes

(1) Depuis plus de vingt ans, il y a un bassin unique de décantation à Hayange, chez MM. de Wendel, qui est à forte pente, comme en II (*fig. 63, pl. 29*). Ce bassin continuellement dragué mécaniquement, donne de très bons résultats.

bassins en service; comme on le voit, la décantation est graduelle et méthodique.

La planche 29 donne les détails de construction d'un bassin en faisant voir ses cloisons, leurs portes-vannes, leurs déversoirs, la pompe de vidanges, la drague et un wagonnet ou wagon transporteur de vase, plus un récipient-bassin et sa pompe de relevage pour faire passer l'eau du bassin 1 au bassin 2, du 2 au 3, du 3 au 4 et du 4 au 5, à tour de rôle avec les rigoles-caniveaux et vannes de service pour faire passer l'eau à décanter d'un bassin à celui qui est à sa suite.

Lorsque, pour des raisons d'économie de frais de premier établissement et d'emplacement, on ne veut avoir qu'un seul ou deux bassins de décantation seulement, on construit ceux-ci avec une pente de radier trois fois plus grande (1). Avec cette disposition, la vase coule au fond du bassin et au centre, d'où la drague, par un mouvement très lent et continu, l'enlève au fur et à mesure de son dépôt. Les godets sont à parois filtrantes, en toile métallique, pour laisser l'eau en excès retomber dans le bassin. Sans cette disposition économique, on a une vase beaucoup plus fluide, donc, renfermant beaucoup plus d'eau, et il faut la conduire à un dépôt entouré d'un cavalier pour retenir l'eau en excès, qui s'écoule lentement par un déversoir aussi éloigné que possible de la décharge des wagons.

§ 30. — Sous-produits du lavage, sels de potasse.

Comme on l'a vu au paragraphe 17, les sublimés peuvent renfermer depuis 5 jusqu'à 6,0/0 de sels de soude et de potasse solubles formant par concentration un salin dont la valeur peut être de 0,25 *f* à 0,30 *f* le kilogramme; d'où il suit que, si une usine à sept hauts fourneaux en activité peut donner 10 *t* de sublimé à 6, 0/0 de salin par 24 heures, elle produira par jour :

10 000 *kg* $\times$ 0,06 = 600 *kg* de salin valant 600 *kg* $\times$ 0,25 = 150 *f*, faisant une somme de :

$$150\,f \times 365 = 54\,750\,f \text{ par année.}$$

Mais il y a à retirer de cette somme les frais de concentration qui sont les mêmes que pour les salins des distilleries de mé-

(1) De sorte que, pour un même périmètre, la profondeur au centre est deux et trois fois plus grande, comme à Hayange.

lasse, qui, avec les évaporateurs-vaporisateurs mécaniques, pourront être évalués à 0,03 *f* et 0,04 *f* au plus haut prix, ce qui ramène alors la somme de 54750 *f* à un bénéfice annuel net de 54750 *f* — 8760 *f* = 45990 *f* à 45000 *f*, suivant que le salin vaut 0,25 *f* ou 0,30 *f* le kilogramme.

§ 31. — Modifications que le lavage des gaz des hauts fourneaux va introduire dans les usines.

Il est très probable que les monumentales chicanes silésiennes vont disparaître, car, si, comme je l'ai fait voir au paragraphe 27 et planche 29 (*fig. 47 et 50*), un tuyau *a* donne directement le gaz sortant d'un haut fourneau, dans un caisson de dépôt de grosses poussières *a*, le ventilateur-laveur *c* recevra une grande partie des grosses poussières avec leur sublimé; dans ce cas, le ventilateur *c* fera presque toute la besogne du lavage et de l'épuration; les plus grosses poussières seules se précipiteront en *a*, pourront en être expulsées par un clapet de fond, avec lequel on fera des chasses de temps à autre, à moins que, par un grand volume d'eau fourni par le tuyau *l*, la chasse soit continue; alors l'eau de cette chasse pourrait être envoyée au bassin de décantation avec l'eau expulsée par le ventilateur, ainsi que l'eau du trop-plein du syphon *m*. Les choses ainsi réduites aux installations que l'on voit figurées (*fig. 47 à 50*), présenteront l'avantage de donner les plus grandes économies en espaces occupés et aux premiers fonds d'établissement immobilisés, en simplifiant le service et en faisant disparaître les causes d'explosion redoutables des plus dangereuses que produisent, par leur très grand volume, les chicanes silésiennes qui peuvent être remplacées aussi par notre épurateur à sec et par chocs, appareil que nous donnerons à la fin de ce mémoire à titre de supplément.

Dans une épuration aussi simplifiée, l'installation complète se divisera en deux parties : 1° le lavage, tel qu'il est indiqué (*fig. 47 ou 50, Pl. 29*), et 2° la décantation, telle qu'elle est indiquée (*Pl. 29, fig. 56*) pour son ensemble et suivant les détails que fait voir la figure 57.

Bien entendu, si les bassins de décantation reçoivent la totalité des poussières, la quantité de boue à en extraire sera dix fois plus grande, et au lieu que, comme dans l'exemple que j'ai donné au paragraphe 29, d'avoir 11 à 12 *t* de boue de sublimé à

enlever par jour de 24 heures, ce sera 110 à 120 *t* qu'il faudra extraire.

Comme les bassins et leur matériel mécanique sont faits et étudiés pour l'enlèvement de cette quantité, tout sera pour le mieux.

Mais, si l'on voulait repasser aux hauts fourneaux les grosses et lourdes poussières ferrugineuses, il faudrait diviser en deux groupes indépendants les bassins de décantation, de sorte que le premier groupe ne recevrait que la vidange des caissons *a' (fig. 47 et 50)*, et le second groupe recevrait exclusivement la décharge des séparateurs *e (fig. 47 et 50)*. Seules, les eaux concentrées du second groupe pourraient être traitées pour l'extraction des sels de potasse.

D'un autre côté, au moyen d'un épurateur à sec et par des chocs, comme celui donné *(Pl. 29, fig. 51 à 55)*, on pourrait, en divisant son double fond en quatre compartiments, faire une classification des poussières en quatre qualités, pour prendre les plus ferrugineuses pour les repasser aux hauts fourneaux, agglomérées à la chaux hydraulique, comme on fait pour les cendres de pyrites.

Le croquis d'ensemble *(Pl. 29, fig. 63)* donne une idée du groupement schématique d'un haut fourneau, d'une laverie de gaz, de bassins de décantation et d'épuration des eaux de lavage, d'un réservoir d'eau épurée, etc. Comme on le voit sur la planche 29, l'installation est complète et suppose que la totalité du gaz des fourneaux est épurée, pour les appareils à vent chaud et pour les chaudières, aussi bien que pour les fours à réchauffer, que pour les moteurs à gaz; car l'épuration est tout aussi précieuse pour tous les services que pour celui des moteurs, l'effet utile du gaz étant doublé par l'épuration, soit par la propreté des parois des appareils recevant leur calorique et l'utilisant sous pression constante.

Mais, l'épuration totale réclame des régulateurs tout comme les usines à gaz d'éclairage, évitant le vide dans les conduites de gaz, en donnant une pression constante pour la bonne et complète combustion de ce gaz; c'est ce que la planche 29 fait voir en détail, chose de la plus haute importance, que beaucoup de maîtres de forges sont disposés à négliger, croyant qu'un simple ventilateur-laveur est bien suffisant, que, du reste, les chaudières à vapeur et les appareils à vent chaud n'ont pas besoin de gaz épuré, ce qui est une profonde erreur.

SUPPLÉMENT

Les appareils qui se trouvent indiqués sur la planche 29, en C et en F, sont, le premier, l'épurateur à sec agissant par chocs, et, le second, qui n'est qu'à un seul système (ou élément plongeant dans l'eau d'un bac à déversoir), est le sécheur final du gaz.

§ 32. — Épurateur à sec.

Le premier appareil C du groupement de la planche 29 est représenté avec détail par les figures 51 à 55. Comme le fait voir la coupe longitudinale AB *(fig. 53 et 55)*, le gaz sortant des hauts fourneaux traverse 20 chassis mobiles, que la figure 55, de détail des cadres (coupe en plan), fait bien comprendre : comme les flèches l'indiquent, le gaz est obligé de traverser 20 grilles à barreaux concaves, dans lesquelles les poussières se déposent par adhérence; les 5 grilles d'une série sont de mêmes dimensions, mais celles de la seconde, de la troisième et de la quatrième sont de plus en plus petites, pour offrir au gaz un tamisage graduel et méthodique. Des cloisons forcent le gaz à traverser successivement tous les châssis, comme les trois coupes AB et CD en plan l'indiquent.

Les deux détails avec coupes font voir *(fig. 54)* les cadres et leurs cames de levées desdits cadres, pour produire des chutes de 0,030 *m*, qui ont pour but, par leurs chocs, de détacher les poussières pour les faire tomber dans le double fond de l'appareil. Un cadre ne tombe que toutes les $\frac{60 \text{ minutes}}{6 \text{ tours}} = 10$ minutes; il y a une chute toutes les 30 secondes. Les poussières tombent dans le double fond, dont on les enlève au wagon par un jeu de bascule, au moyen de vanne et clapet.

Comme on le voit dans la coupe *(fig. 55)* du détail des cadres, les jets ou lames de gaz sont obligés de venir se heurter, en écrasant leurs poussières, dans les creux des barreaux de grille, où elles adhèrent pendant 10 minutes, puis, un choc les fait tomber dans le double fond; car, comme tous les métallurgistes le savent, les poussières adhèrent et se collent dans tous les coins et recoins à chaque changement de direction des lames de gaz en mouvement, et, comme on peut le voir en CD et dans le

plan, un mouvement mécanique d'engrenage à vitesse réduite ramène le nombre de 120 tours à la minute de la transmission principale au nombre de 6 tours à l'heure, pour l'arbre porte-cames de l'épurateur à sec par chocs.

En sortant de cet appareil C, le gaz passe au ventilateur-laveur, d'où il est chassé dans le sécheur-épurateur F, chargé du brouillard du lavage.

Le sécheur F n'a qu'un cadre renfermant 5 grilles, dans un même châssis; ce châssis coulisse dans deux glissières, et, par une vis qui surmonte l'appareil, on fait plus ou moins plonger les grilles dans l'eau de la bâche à niveau constant et à déversoir; de sorte que plus on plonge le cadre (soit les grilles qu'il porte), plus la section des lames de gaz est réduite et plus la vitesse d'écoulement est grande, et, donc, les chocs dans les creux des barreaux des grilles sont d'autant plus violents que la vitesse est plus considérable; par ce moyen, on arrête net les dernières traces d'eau vésiculaires du brouillard, chassées par le ventilateur-laveur.

Comme on le voit, les grosses poussières et le brouillard sont arrêtés par deux appareils peu encombrants et peu coûteux, beaucoup plus efficaces que les grandes chicanes silésiennes.

Au sujet de l'appareil sécheur ou égouttoir F, je crois devoir dire que, s'il arrête net l'eau de crachement des chaudières à vapeur et de l'échappement des machines à vapeur, comme de l'eau vésiculaire pulvérisée par un ventilateur-laveur, il n'arrête pas le sublimé des gaz des hauts fourneaux. Ce sécheur, que nous avons appliqué sur 36 locomotives, au chemin de fer d'Orléans, depuis vingt et un ans, a toujours très bien fonctionné. Comme dégoudronneur du gaz d'éclairage de distillation, il donne aussi d'excellents résultats, mais il n'arrête que très imparfaitement ou pas du tout les goudrons des gazogènes soufflés, pas plus que le sublimé des hauts fourneaux.

Comme la force réclamée par le laveur-épurateur centrifuge, en bonne pratique, est de 1,1/2.0/0 à 2,0/0 pour la mise en mouvement de tous les appareils, ce qui semble très peu, quand on pense que, depuis cinquante ans, la métallurgie n'a pas utilisé plus de 25, à 40, 0/0 du pouvoir calorifique des gaz de hauts fourneaux, on peut être surpris de voir que les maîtres de forges, si enthousiasmés pour l'emploi des gaz des hauts fourneaux par les moteurs à gaz, en 1899 et 1900, se sont très considérablement calmés, et même, beaucoup trop calmés; car ils se refusent à

admettre que des machines ou moteurs de 100 *ch* sont indispensables pour laver les gaz d'un haut fourneau produisant 100 à 120 *t* de fonte par jour, quoique ces 100 *ch* ne consomment pas 2,0/0 du gaz donné par ce fourneau, alors qu'ils en perdent souvent en valeur calorifique par de mauvais emplois, plus de 60,0/0, principalement par défaut de combustion complète et d'isolation des parois chauffantes par les poussières adhérentes des gaz non épurés, qui réduisent en quelque temps à rien ou presque rien la conductibilité de ces parois.

Aujourd'hui, il me semble qu'il est bien démontré que, sans la force, la pression et l'écrasement de la poussière sublimée, il n'y a pas moyen de la mouiller, et, donc, de la précipiter, soit de s'en débarrasser (1).

Dans ces temps derniers, une maison allemande a pris notre sécheur-épurateur, etc., tel qu'il est représenté *(Fig. 51 à 55)*, elle l'a fait traverser par le gaz des hauts fourneaux avec un mélange d'eau pulvérisée (par des pulvérisateurs mécaniques), pensant arriver aux mêmes résultats qu'avec le ventilateur-laveur. Les résultats obtenus ont été nuls ou presque nuls. Oui, au lieu de dépenser 100 *ch*, on ne prenait que 8 à 10 *ch* pour les pulvérisateurs; mais, comme on n'avait qu'une vitesse de passage de 10 à 15 *m* par seconde pour le gaz dans les grilles de l'épurateur, l'épuration était réduite à rien, avec une très considérable quantité d'eau pulvérisée. Ce qui prouve que le sublimé ne peut être mouillé que sous très haute pression d'eau.

§ 33. — Propriétés particulières d'un goudron de gazogène à lignite, des Bouches-du-Rhône.

Pour terminer avec la question de l'épuration des gaz, je vais faire connaître les singulières propriétés du goudron des lignites des Bouches-du-Rhône. On m'a remis, en août 1900, un flacon de 350 *g* d'un goudron de gazogènes marchant aux lignites; en septembre 1901, le bouchon étant hermétiquement très bien fermé, j'ai pris ce goudron :

1° Je l'ai placé dans un grand ballon et je l'ai attaqué par du sulfure de carbone, puis par de la benzine, et enfin par de la

(1) Les derniers essais faits en Allemagne, ont fait voir, que le lavage à l'eau chaude est plus efficace que celui à l'eau froide : il semble que la présence de la vapeur dans le gaz, en se condensant, facilite le précipit du sublimé.

gazoline de pétrole d'Amérique. J'ai pu, après ces dissolutions successives, enlever la moitié du poids du goudron que j'ai écoulé;

2° J'ai repris le dépôt de goudron resté au fond du ballon, et je l'ai attaqué par deux fois son poids de gazoline, qui a pris une teinte ambrée légère;

3° J'ai ajouté deux volumes d'eau et j'ai chauffé le ballon jusqu'au point d'ébullition de la gazoline à 65° et 70° environ; puis j'ai fortement et longuement agité le ballon, que j'ai laissé ensuite au repos;

4° Au bout de vingt-quatre heures, j'ai constaté : *a*, que la gazoline légèrement ambrée occupait environ le tiers de la hauteur du liquide à la partie supérieure, bien entendu; *b*, que le tiers au milieu était occupé par une matière grise, spongieuse, flottante entre la gazoline et l'eau; *c*, que le tiers de la hauteur liquide du ballon par le bas, renfermait une eau d'une parfaite limpidité, sans la moindre trace de coloration; *d*, enfin qu'au fond du ballon se trouvait un très petit dépôt d'un sable très blanc et très fin, paraissant translucide et cristallisé.

J'ai agité plusieurs fois le ballon de quinze jours en quinze jours après une heure de repos on trouvait toujours la même stratification, untiers de gazoline par le haut, un tiers de matière grise spongieuse au milieu, et un tiers d'eau claire par le fond, avec son très léger petit dépôt fin translucide.

Ce goudron de lignite ainsi traité était sorti d'un gazogène avec son gaz, puis avait passé dans un grand laveur, ensuite dans un jeu d'orgue réfrigérant, après dans un second laveur à l'eau froide, puis dans un égouttoir épurateur du type de celui de la planche 29, fig. 55 et fig. 63; de là, il s'était rendu avec le gaz, dans un grand gazomètre, à la sortie duquel on l'avait trouvé, pour me l'adresser. Comme on le voit, ce goudron est des plus vagabonds, comme celui de Lille dont j'ai parlé au paragraphe 15, car il flotte indéfiniment dans un gazomètre, donc il est relativement plus léger que le gaz; il passe à travers des filtres en flanelle et en sciure de bois etc. Jusqu'ici, seul l'écrasement à haute pression, dans le ventilateur laveur à la température de 50°, le précipite et nous en débarrasse dans un laveur à l'eau chaude à 45° à sa suite.

Comme on le voit, l'emploi des gaz combustibles tonnants des gazogènes comme des hauts fourneaux présente de grandes

difficultés, pour être bien utilisées, beaucoup plus grandes que nous étions disposés à le croire, il y a quelques années, et nous sommes heureux de pouvoir dire, aujourd'hui, que ces difficultés sont enfin vaincues.

§ 34. — Estimation de la force, puissance ou énergie des moteurs à gaz et difficultés en résultant.

Si, par comparaison pour l'estimation de la puissance des moteurs, on croit pouvoir prendre la règle admise pour l'estimation de celle des machines à vapeur, on se trompe considérablement. En effet, si nous prenons une bonne machine à condensation, d'une force nominale de 100 *ch* effectifs monocylindrique Sulzer ou Corliss, faisant sa force à 10/100 d'introduction, sous pression de 6 *atm* ou de 5 *kg*, : si la chaudière est timbrée à 8 ou 10 *kg*, cette machine de 100 *ch* nominaux avec admission au 30/100 fera donc 200 *ch* et, si l'on pousse la chaudière pour porter la pression à 8 *kg* avec l'admission aux 30/100 elle fera 250 *ch* effectifs. Il est vrai que, si la machine ne dépense que 8,5 *kg* de vapeur par heure et par cheval effectif, soit 1 *kg* de houille, déduction des cendres quand elle fait 100 *ch* effectifs, quand elle fera 200 *ch* effectifs elle dépensera, par heure et par cheval effectif, 1,5 *kg* de la même houille et 2 *kg* quand elle fera 250 à 260 *ch* effectifs. Mais si, pour la force moyenne elle est de 100 *ch* avec des variations de 50 *ch* à 250 *ch*, la dépense du cheval moyen au lieu d'être de 1 *kg* à l'heure, est de 1,250 *kg*, les grands efforts de 250 *ch* n'étant demandés que le cinquième ou le quart du temps. L'industriel-usinier dira : Peu m'importe une dépense de un quart en plus, si je puis vaincre des résistances instantanées, comme en présente une mise en action de 7, 8, 9 ou 10 scies circulaires, etc., si ma machine enlève les obstacles sans changement de vitesse et donc sans arrêt. Car pour moi le principal est de marcher toujours à la même vitesse, que ma machine fasse 50 ou 250 *ch*, vu que, suivant la nature du travail, j'augmente ou je diminue la pression à la chaudière, qui n'a besoin que d'avoir une grille d'une surface convenable de 5 m^2 avec une cheminée de 30 *m* de hauteur. Comme on le voit, pour des travaux très variables, cette grande élasticité est des plus précieuses; elle ne réclame du chauffeur que de maintenir la pression nécessaire, à cet effet, dans sa chaudière; ce qui est

une chose courante ordinaire, ne réclamant que la lecture des pressions indiquées par le manomètre.

Mais s'il s'agit d'un moteur à gaz, la question n'est plus la même; en effet, cet appareil reçoit (moteur à quatre temps) une charge de mélange tonnant sous pression, qu'ensuite il comprime à 5, 7, 10 ou 12 *kg* (13 *atm*, 1/3), qui après compression est allumé par une amorce et fait explosion (combustion), produit une détente presque semblable à celle d'une machine à vapeur et enfin échappe les produits de la combustion (fumée): comme on le voit, c'est de la balistique, tout comme pour une arme à feu, où le mélange tonnant est la cartouche, qui pour la pleine charge avec combustion complète, dans le cylindre pendant la période de détente et avant l'échappement, donne le maximum d'effet utile; le rendement organique, dans les bons moteurs à gaz, est de 85, 0/0 avec le gaz d'éclairage de Manchester, à 5.700, calories le mètre cube à 0° et à 760.

Ce gaz peut être pris comme type, car le gaz à l'eau comme l'acétylène donne des explosions que l'on peut appeler trop vives et que l'on peut comparer aux poudres brisantes. Pour une vitesse angulaire déterminée, une course de piston et un diamètre aussi déterminés, le moteur de 100 *ch* effectifs, quand il marchera aux gaz dits « pauvres » entre 900 calories et 1 500 calories au mètre cube, également pris à 0 *m* et à 760, ne fera plus que la force de 68 *ch*, de 76 *ch* et 83 *ch* effectifs suivant que le gaz sera à 900, 1 200 et 1 500 calories au mètre cube. De sorte que, si un industriel veut avoir 100 *ch* au gaz dit pauvre, il lui faut prendre un moteur faisant $\frac{100,00}{0,68} = 145$ à 150 *ch* au gaz d'éclairage : ce qui en augmente considérablement le prix ; aussi les constructeurs, au lieu de compter sur une réduction à 0,65 pour s'assurer une bonne marge, c'est-à-dire pour pouvoir au besoin, dans des essais au frein comme en marche industrielle, donner 105 et 110 *ch* préfèrent-ils, pour ne pas effrayer l'acheteur, compter sur 0,75 et 0,80 : de sorte que le moteur qu'ils livrent, ne ferait au gaz d'éclairage de ville que $\frac{100\ ch}{0,80} = 125\ ch$ et non 150 *ch*.

Comme presque toujours le gaz n'est pas constant dans un bon gazogène, il varie entre 1 200 et 1 600 calories au mètre cube, plus le gazomètre est petit, servant seulement de régulateur de pression, plus l'instabilité sera grande, si l'installation n'a qu'un seul gazogène, et il s'ensuit que, si la richesse du gaz tombe à 1 200,

1 100 ou à 900 calories (pour un instant), par suite d'un éboulement de la charge du combustible, dans le gazogène; chose commune à tous les fourneaux à cuve, le moteur s'arrête si on lui demande de donner sa force nominale, soit ici 100 *ch*, car il n'en fait plus que 95 ou 90 : de là, des contestations et des procès, dus à ce que les moteurs à gaz peuvent moins que leur force nominale et très rarement plus : en effet, quand un moteur au gaz pauvre de 100 *ch* peut en donner 102, 10,4 ou 105, on doit s'estimer très heureux.

Comme on le voit, on est loin et bien loin de l'élasticité de la machine à vapeur, qui, au lieu d'un accroissement de puissance de 2, 4 ou 5, 0/0 au plus, donne 200 et 250, 0/0 d'augmentation de puissance.

D'un autre côté, si nous considérons une force nominale de 100 *ch* effectifs à vapeur avec introduction aux 10/100 quand la machine ne fera que 50 *ch*, son introduction sera réduite au 6/100 et la dépense par heure et par cheval restera constante, soit 1 *kg* de houille, déduction des cendres.

Mais, si c'est un moteur à gaz de 100 *ch* qui n'en fait que 50, il n'introduira plus le mélange tonnant, qu'une fois sur deux aspirations et son rendement organique de 0,85 tombera à 0,70 ou à 0,65, suivant qu'il est disposé pour des passages à vide de gaz ou pour des passages à quantités réduites de gaz (1). Comme on le voit, la dépense par heure et par cheval effectif de 0,500 *kg* d'anthracite s'élèvera à $0{,}500\,kg \times 1{,}15 = 0{,}575$ ou à $0{,}500 \times 1{,}20 = 0{,}600\,kg$, si le moteur ne fait plus que 25 *ch*, la dépense sera de $0{,}500\,kg \times [1 + (0{,}20 \times 3)] = 0{,}800\,kg$ enfin avec la marche à 10 *ch* à 1,8 *kg* par heure et par cheval effectif; et, si le moteur tourne à vide, il dépensera 12 à 13 *kg*, soit le quart environ de 50 *kg* pour 100 *ch* par heure.

Malgré cette infériorité le moteur à gaz, pour des marches à puissance réduite, comparée à la machine à vapeur, n'en reste pas moins plus économique que celle-ci lorsqu'il ne donne que un demi, un tiers et même un quart de sa puissance nominale.

Cependant il faut conclure de cette discussion, que quand un industriel a besoin du travail d'une puissance de 100 *ch*, s'il fait choix d'un moteur à gaz, il doit le commander pour celle de

(1) La disposition pour passages à charges de gaz réduites présente le grand avantage avec de fortes compressions, de faire qu'un moteur se règle de lui-même pour proportionner les volumes de gaz admis, à la richesse de ce gaz et au travail du moteur avec une grande régularité de marche.

150 *ch* nominaux au gaz pauvre, s'il doit marcher au gaz de gazogène.

Je pourrai citer l'exemple d'un industriel qui, ayant commandé un moteur à gaz pauvre de la force de 20 *ch* n'arrivait à les produire que très difficilement et très rarement; de là, des discussions et des contestations avec son vendeur; le constructeur... disait toujours et invariablement que le gaz était mauvais et l'industriel soutenait le contraire. Mais enfin le constructeur disposant d'un moteur au gaz pauvre de 26 *ch* et ayant le placement de celui de 20 *ch* pour 15 *ch*, a enlevé le moteur de 20 *ch* pour le remplacer par celui de 26 *ch*. A partir de ce changement de moteur, tout a marché avec la plus grande facilité, à la grande satisfaction de tout le monde.

Une cause de difficultés est encore à signaler avant de terminer ce mémoire : c'est celle-ci; les grands moteurs ont besoin d'être parfaitement bien refroidis intérieurement, de là, des circulations d'eau très abondantes, dans les enveloppes de leurs cylindres, dans leurs pistons, dans leurs culasses comme dans leurs clapets de distribution; sans quoi, les explosions intempestives, pendant les périodes de compression, brisent tout, arbres, bâtis, culasses, etc.

L'échauffement des sièges des clapets (soupapes) et des clapets eux-mêmes, aux températures modérées de 250, 300 et 400°, pour des puissants moteurs, présentent le très grave inconvénient de déformer et de gauchir les surfaces qui, par leur contact, doivent produire les fermetures hermétiques, sous des pressions de 10 à 30 *kg*.

A la température de 400°, qu'ont souvent les clapets d'échappement; après deux, trois ou quatre jours de marche, on les trouve avec 0,000.5 *m* de jeu d'un côté et même de 0,001 *m*, clapets et sièges s'étant déformés; de là, la nécessité de les roder très souvent; mais, avec l'incurie de certaines usines, on ne rode les clapets et leurs sièges que quand on ne peut plus marcher du tout, c'est-à-dire que quand, par ses fuites, un moteur de 100 *ch* n'en fait plus que 50 et moins très difficilement.

Le remède à ce grand défaut est d'avoir recours aux clapets tournants, que certains constructeurs emploient pour les distributions des machines à vapeur à clapets (ou soupapes), dont j'ai donné un spécimen § 24 et planche 28, figure 36 à 38, qui se rodent d'eux-mêmes automatiquement en marche.

§ 35. — Incrustation formée dans l'eau par les gaz des gazogènes.

Pour les moteurs à gaz, un laveur condenseur et épurateur est généralement placé à la suite des gazogènes et, pour éviter, la formation des mélanges tonnants, leur tuyau d'amenée de gaz dans ce laveur plonge de 0,030 *m* à 0,040 *m* dans l'eau de lavage, maintenue à niveau constant par le déversoir du joint hydraulique; avec l'emploi de certaines houilles et anthracites anglais, la plonge du tuyau de gaz dans le joint hydraulique se recouvre, en 12, 18 et 30 mois, d'une couronne intérieure et extérieure faisant bourrelet, qui petit à petit réduit à rien le diamètre utile d'arrivée du gaz, dont la pression passe de 0,200 *m* à plus de 2 *m* si la soufflerie est capable de donner cette forte pression.

Un arrêt forcé se produit donc, au bout d'un temps plus ou moins long : l'examen de cette incrustation fait voir qu'elle est formée dans l'eau à 65° en moyenne (par du gaz qui y arrive à 300°), de carbone brillant, de coke de goudron, d'oxyde de fer, de cendres, etc., très fortement agglomérés, très denses et très durs, renfermant à la calcination en vase clos 15, 0/0 environ de matières volatiles.

Étant prévenu par l'accroissement insolite de la pression du gaz, on sait donc que la plonge du tuyau d'arrivée de gaz dans le joint hydraulique est à décrasser (ou désincruster). Avant de quitter ce sujet, je ferai remarquer que l'on ne trouve cette incrustation que dans le joint hydraulique de la sortie de gaz des gazogènes à l'anthracite, soit là où le gaz à 300° environ arrive dans de l'eau à 65° ou 75°.

§ 36. — Gazogène à combustion renversée.

Depuis cinq à six ans il est question, en Amérique, de gazogènes accouplés deux à deux et à combustion renversée avec addition d'air secondaire pour brûler (donc détruire) les goudrons des houilles, lignites, tourbes, bois et résidus divers.

Parmi ces gazogènes, on peut citer ceux de MM. Loomis, Otto (*Gasmotorenfabrik Deutz*), Thwaite, Gobbe, Faugé, Ch. Walrand 1890, etc.

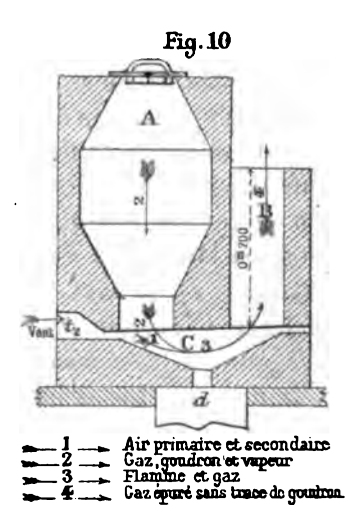
Au sujet de la destruction des goudrons, sans air secondaire,

je citerai les quatre gazogènes à deux combustibles, de la Société d'Escaut-et-Meuse (à Anzin, Nord), qui détruisent très bien les goudrons des houilles flénues, à 30, et 35, 0/0 de matières volatiles, depuis quinze ans passés. J'ai donné, au paragraphe 8, le dessin de ces gazogènes, dans mon mémoire à la Société des Ingénieurs Civils de France, dans son Bulletin de mai 1899.

En 1868, à la date du 27 mars, on trouve un brevet français de gazogènes à six grilles-cornues et colonne à coke, donc à deux combustibles, qui n'a pas été construit et qui a bien son mérite aujourd'hui.

Mais comme, pour le moment, on parle beaucoup des gazogènes à combustion renversée, je crois devoir faire connaître, sur ce sujet, les très remarquables travaux de l'illustre Ebelmen (1). Dans cet ouvrage, tome second, se trouve, pages 463 à 513, un premier mémoire IX de 1842, ayant pour titre : « Recherches sur la production et l'emploi des gaz combustibles dans les arts métallurgiques ». Pages 495 à 502, s'y trouve un article exclusivement consacré aux gazogènes à combustion renversée ayant pour titre : Gaz produits par le bois à combustion renversée; et page 495, au bas, on voit le dessin ci-contre du gazogène d'Ebelmen ayant servi pour ses essais de gaz à combustion renversée *(fig. 10)*:

Fig. 10



A, Gazogène rempli de bois de chauffage ordinaire dit cru;

B, Colonne à coke ou à charbon de bois;

C, Conduit faisant passer les flammes, fumées et gaz de A en B;

d, Ouverture pour retirer les cendres de six heures en six heures lesquelles ne sont pas fondues;

t, Tuyère par laquelle l'air est lancé.

Ebelmen dit avoir employé du bois de chauffage ordinaire en A et du charbon de bois en B; mais que tous autres combus-

(1) Voyez le *Recueil des Travaux scientifiques d'Ebelmen*, par SALVÉTAT, professeur à l'École Centrale des Arts et Manufactures, avec *notice* et *préface* par Chevreul de l'Institut de France (Académie des Sciences). Mallet Bachelier, imprimeur-libraire, 55, quai des Augustins, à Paris. Deux volumes grand format. Édition unique de 1855.

tibles résidus ou inférieurs peuvent être chargés en A et qu'en B on peut employer du coke aussi bien que le charbon de bois.

Ebelmen ajoute que la colonne B avait 0,700 *m* de hauteur et qu'il la tenait toujours bien remplie de charbon de bois; qu'en A, il produisait une torréfaction plutôt qu'une carbonisation, car à peine le bois arrivait-il en C torréfié : les gaz, les vapeurs et les goudrons sous l'action du vent de la tuyère *t*, étaient brûlés et surchauffés en C; pour de la capacité C, passer en filtrant à travers le charbon de bois de la colonne B, toujours bien maintenue pleine de charbon. Le gaz qui s'échappait de B était clair et bien épuré, car il ne renfermait plus trace de goudron.

Pour 92 *kg* de bois chargés en A, la consommation de B n'était que de 8 *kg* de charbon de bois, soit 8, 0/0.

En 10 heures (page 497) Ebelmen brûlait 176 *kg* de bois cru et 15 *kg* de charbon de bois, soit 17,6 *kg* de bois à l'heure et 1,5 *kg* de charbon de bois, donc son gazogène était un appareil industriel.

Pages 496 et 497, Ebelmen insiste particulièrement sur la destruction des dernières traces de goudron.

Page 499, Ebelmen dit : « afin que les produits de la distillation du bois soient toujours forcés de passer sous le vent de la tuyère pour être brûlés » et, page 500 : « Le gazogène peut être employé non seulement à brûler le bois et d'autres combustibles analogues, en lançant de l'air sur les gaz produits.

Comme on le voit, il y a soixante ans (1902 — 1842 = 60), Ebelmen a imaginé et mis en pratique la production des gaz de gazogène par distillation et combustion renversées.

Maintenant, disons que l'on trouve (1), dans tous les journaux industriels, des articles donnant la composition des gaz obtenus par combustion renversée; ces gaz ramenés à 0° et à 760° ont au mètre cube des puissances calorifiques de 1 137, 1 150, 1 289, 1 200, 1 103 et 1 067 calories. Pour la marche à l'anthracite, le même auteur dit avoir obtenu des gaz à 1 213, 1 006 et 1 095 calories et, au coke, des gaz à 923, 928 et 913 calories.

Enfin, un autre auteur donne un gaz à 1 548 calories, chiffre qu'il m'est impossible d'accepter; et, pour terminer, je vais comparer ce dernier gaz à celui obtenu il y a soixante ans par Ebelmen (page 497 de son mémoire), les deux gaz ayant été obtenus au bois et au charbon de bois par les mêmes moyens.

(1) Depuis cinq à six mois, 1901 à 1902.

	Gaz Ebelmen de 1842.		Gaz de M. X.-Y. de 1901.	
CO^2.	13,27	»	120	»
CO	18,98	576 cal.	150	400 cal.
C^mH^n non déterminé.	»	»	80	680
H	17,85	468	150	340
Az	49,97	»	500	»
TOTAL. . . .	100,00		1 000	
Puissance calorifique au mètre cube, les produits de la combustion n'étant pas condensés.		1 044 cal.		1 420 cal.

Nous trouvons par le calcul 1 420 calories et non pas 1 548; à part cette erreur (1), nous remarquerons que les sommes des gaz inertes incombustibles sont sensiblement les mêmes, dans les deux cas, à soixante ans de distance.

$$132,7 + 499,7 = 632,4$$

Et : $$120 \quad + 500,0 = 620$$

la différence (2) n'est donc que de $\frac{12}{620} = \frac{1}{50} = 2,0/0$, que l'on peut attribuer à une erreur de calcul des résultats donnés par les analyses.

Mais, comme Ebelmen n'a pas déterminé C^mH^n, on le trouve dans les produits des chiffres donnés par les moyens d'analyse de 1842, 190 — 150 = 30 d'oxyde de carbone, soit 3, 0/0, et 178,5 — 150 = 27,1/2 d'hydrogène, soit aussi environ 3, 0/0, d'où deux fois 3, 0/0 font 6, 0/0; auxquels il faudrait ajouter 132,7 — 120 = 12,7 ou 1,1/4. 0/0 d acide carbonique CO^2, qui au total arrive à 7, ou 8, 0/0, comme dans l'analyse x, y, de 1901. Du reste, à moins de 500 — 499,7 = 0,3 ou $\frac{3}{5000}$, les quantités d'azote sont les mêmes dans les deux analyses : donc, les deux gaz se valent et peuvent être estimés à 1 400 calories le mètre cube, ramené à 0° et à 760, les produits de la combustion

(1) Et une très grande exagération dans la valeur des 8, 0/0 de C^mH^n en quantité et en qualité.

(2) Soit 632,4 — 620 = 12,4 sur 620.

n'étant pas condensés; car le calorique dû à la condensation de la vapeur d'eau, dans les fumées, ne peut être utilisé industriellement et ne doit pas être compté.

En résumé, on nous présente aujourd'hui, comme des nouveautés, des appareils qui remontent à Ebelmen leur inventeur, qui ont donc soixante ans, et, comme ces appareils donnent de bons résultats, ils sont pour la mémoire d'Ebelmen un nouveau titre de gloire, dû en partie aux moteurs à gaz, qu'Ebelmen n'a probablement pas soupçonnés.

TABLE DES MATIÈRES

CHRONIQUE

N° 270.

SOMMAIRE. — Communication maritime intérieure entre la mer Baltique et la mer Blanche. — Changement du mode de fonctionnement d'une machine à triple expansion. — Impression photographique à la lumière électrique. — Épuration du sewage de la ville de Brünn. — Distribution électrique de force dans le sud du Pays de Galles. — Bateaux à moteurs électriques.

Communication maritime intérieure entre la mer Baltique et la mer Blanche. — Notre distingué Collègue, M. de Timonoff, professeur à l'Institut des Voies de communication, a exposé au Congrès international du Génie civil, à Glasgow, en 1901, les bases d'un grand projet qu'il a étudié pour réunir la mer Baltique à la mer Blanche par une voie intérieure de navigation maritime.

Ce projet a pour objet de réaliser deux avantages très importants. D'abord, il permet de mener à bien un desideratum vainement poursuivi jusqu'à présent, et qui consiste à donner à la marine de guerre russe une liberté d'action qui lui fait défaut. En effet, les forces navales de la Russie sont divisées en cinq escadres (Pacifique, mer Noire, Baltique, mer Caspienne et océan Polaire) qui, en temps de guerre, ne peuvent pas généralement se réunir, les issues de la mer Noire et de la mer Baltique pouvant être facilement bloquées et les forces principales réduites à l'inaction. Cet état de choses est d'autant plus grave, que tous les chantiers de construction des bâtiments de guerre, tous les arsenaux, etc., se trouvent précisément dans les mers fermées, la mer Noire au Midi, et la mer Baltique au Nord. Le projet dont il s'agit aurait pour objet de supprimer cette difficulté.

L'autre but qui sera atteint par la communication maritime projetée est le développement industriel et commercial du nord de la Russie. La nouvelle voie navigable sera certainement une importante ligne de transit pour l'exportation en Europe, des bois, de la houille, du naphte, des minerais de fer et autres richesses dont sont abondamment pourvues les provinces du nord de la Russie. Le commerce de l'Europe tout entière est appelé à bénéficier de la réalisation de ce projet.

La région du nord-ouest de la Russie peut, à juste titre, être comparée à celle des Grands Lacs de l'Amérique du Nord. Les lacs Ladoga, Onéga, Saïma, Ilmen, Peipous et d'autres encore, marquent les dépressions principales et forment les réservoirs où se jettent de nombreux et puissants fleuves. Le lac Ladoga est le plus grand lac de l'Europe ; sa superficie est de 18 000 km^2, sa profondeur est considérable, 300 *m* et plus, mais ces profondeurs deviennent très faibles à l'issue du côté de la Néva, aussi l'approfondissement de cette partie est-il à l'ordre du jour depuis longtemps, mais ce n'est que depuis 1900 que les dragages nécessaires ont pu être commencés.

Le lac Onéga a une superficie de 9750 km^2 : il déverse ses eaux dans le lac Ladoga par le fleuve Svir. Un troisième lac, le lac Vyg, de 930 km^2 de superficie, ne communique pas avec les précédents, mais est en relation avec la mer Blanche par un fleuve, le Barvyg. Ces trois lacs marquent la route à suivre pour mettre en communication la Baltique et la mer Blanche. Un fait intéressant est que si, comme on vient de le dire, le lac Vyg ne communique pas naturellement avec le lac Onéga, la rivière Poventchanka, qui se jette dans ce lac, se rapproche à son sommet du bassin du lac Vyg, de sorte que sur tout le parcours de Saint Pétersbourg à la mer Blanche, parcours présentant une distance de plus de 900 *km*, c'est sur à peine une dizaine de kilomètres que la voie navigable est à créer.

Les travaux à faire consistent d'abord à rendre navigable la traversée de Saint-Pétersbourg. La Néva a une grande profondeur, mais les ponts de Saint-Pétersbourg créent de sérieux obstacles à la navigation ; ils ont des travées mobiles, mais d'une largeur insuffisante, ainsi que la profondeur d'eau. Il sera donc nécessaire de reconstruire les passes navigables des ponts d'après les meilleurs modèles de ce genre. La durée de la période de navigation à l'issue de la Néva n'est que de 233 jours en moyenne ; il importe donc d'utiliser le mieux possible cette période.

On a déjà vu que l'issue de la Néva du lac Ladoga devait être draguée. Le fleuve Svir a une longueur de 210 *km* ; pour rendre sa partie supérieure, ainsi que le lac Onéga, accessibles à la navigation maritime, il faudra avoir recours à des barrages-éclusés.

Ces travaux, dont un des avantages les plus importants sera l'ouverture du lac Ladoga au commerce maritime, peuvent être considérés comme une première étape de la réalisation du problème de la jonction de la Baltique avec la mer Blanche. La seconde étape serait l'augmentation du mouillage du fleuve Svir et l'ouverture du lac Onéga à la navigation maritime. La troisième serait la jonction du lac Onéga à la mer Blanche par un canal maritime qui emprunterait sur une grande partie de son parcours les voies navigables naturelles.

L'auteur estime que la première étape, qui amènerait le lac Ladoga à faire partie intégrante de la Baltique pourrait être réalisée avec une très faible dépense. Un million de francs suffirait pour ouvrir l'accès du lac aux bateaux qui pourraient franchir les ponts de Saint-Pétersbourg et quelques millions de plus consacrés à la reconstruction des passes navigables de cette ville amèneraient dans le lac Ladoga des navires de 28 pieds de tirant d'eau, profondeur déjà visée du canal maritime de Cronstadt. La seconde et la troisième étapes seraient évidemment plus coûteuses.

Le projet de M. de Timonoff comprend aussi la création de ports maritimes sur le lac Ladoga, à l'embouchure du Svir, et sur le lac Onéga, à l'embouchure de la rivière canalisée Vyteyra. Ces ports, réunis par une voie de navigation intérieure (le système Marie) au Volga, serviraient de points d'échange entre la navigation maritime et la navigation fluviale de l'immense bassin du Volga. Le projet comprend également la construction d'une voie ferrée qui réunirait Moscou, centre de la Russie, aux ports maritimes à créer sur la mer Blanche, à l'embouchure

du nouveau canal et sur la côte de l'océan Polaire, près de la Norvège, où la mer reste toujours libre de glaces.

Nous reproduisons ici les conclusions d'une portée générale que l'auteur pense pouvoir formuler à propos de ce projet :

1° Un port maritime placé à l'entrée d'une grande voie de pénétration ne doit pas être conçu et exécuté de façon à présenter, ce qui est le cas de Saint-Pétersbourg, des obstacles au développement de cette voie intérieure ; entre autres, on doit prendre toutes les précautions possibles pour éviter la construction de ponts fixes et, en tout cas, on devra prévoir des travées mobiles présentant comme emplacement, largeur et profondeur, toutes garanties aux besoins de la navigation que peut présenter l'avenir ;

2° Il faut favoriser le développement des voies navigables intérieures ayant le plus grand tirant d'eau possible de façon à permettre à la navigation maritime de pénétrer dans les parties éloignées du pays. Dans cet ordre d'idées, les grands lacs ayant des profondeurs marines et situés à une faible distance de la mer doivent être ouverts à la navigation maritime en premier lieu ;

3° Il est à désirer que les mers baignant un même pays soient réunies entre elles par des voies navigables traversant le pays ; de ces voies navigables on s'efforcra de créer surtout celles qui répondent à un double but de commerce et de défense du pays ;

4° Un projet de création d'une voie navigable intérieure profonde, permettant aux navires de mer de pénétrer à l'intérieur du pays, doit être autant que possible conçu de manière à pouvoir être réalisé par parties telles que chaque étape franchie présente un certain ensemble pouvant être utile au pays par lui-même sans attendre l'achèvement de l'œuvre entière ;

5° En Russie, la voie maritime intérieure dont la création semble s'imposer et qui répond aux principes ci-dessus est celle qui unirait la mer Baltique à la mer Blanche par les grands lacs Ladoga et Onéga ; les travaux se diviseraient en trois étapes successives : ouverture à la navigation maritime du lac Ladoga, ouverture du lac Onéga, et jonction des deux mers ; chacune de ces trois étapes serait un grand progrès commercial et industriel pour la Russie et pour l'Europe entière.

Changement du mode de fonctionnement d'une machine à triple expansion. — Nous trouvons dans le *Feilden's Magazine*, un cas intéressant de modification momentanée opérée, dans des circonstances spéciales, sur une machine marine de grande puissance.

L'auteur de l'article, qui paraît avoir joué un rôle important dans l'opération, expose que le croiseur sur lequel il était embarqué avait besoin de sortir le piston à haute pression de la machine de bâbord. Le navire se trouvait en stationnement dans un port sous les tropiques à une saison où la température était telle qu'on était porté à rechercher avidement la plus petite parcelle d'ombre.

A peine le navire à l'ancre, on se hâtait de démonter le plateau du cylindre correspondant et de chercher à enlever l'écrou de 0,15 *m* de diamètre fixant la tige sur le piston. Après un quart d'heure d'efforts,

on parvint à faire faire un ou deux tours à l'écrou, mais après, soit que le pas de vis fut altéré, soit pour toute raison, l'écrou refusa de tourner davantage.

Pour comble de malheur, on reçut à l'improviste l'ordre de partir le lendemain matin à la première heure. On passa la nuit à chauffer l'écrou en faisant du feu autour, ce qui n'ajoutait pas au confortable de la chambre des machines, où la température était déjà assez élevée; rien n'y fit et il fallut se décider à partir avec la machine de tribord seule travaillant à toute puissance, tout en continuant à chercher à mettre en état la machine avariée.

On ne pouvait songer à la faire tourner avec le piston non fixé à la tige ; il fallait donc se résoudre à supprimer l'action du cylindre à haute pression et à marcher en compound avec les cylindres intermédiaires et à basse pression. On commença donc par enlever la bielle motrice, puis, après avoir démonté la coulisse de distribution, on chercha à sortir le tiroir à haute pression qui était du type cylindrique admettant par l'intérieur; mais il se présenta la même difficulté que pour le piston, on ne put enlever l'écrou qui fixait la tige au tiroir et on ne put sortir ce tiroir. En prenant des mesures, on constata que, si on enlevait l'arcade inférieure servant de guide à la tige du tiroir, on pourrait pousser vers le haut le tiroir et l'amener à une position telle que, les lumières allant au cylindre se trouvant démasquées, la vapeur de la chaudière pourrait passer directement dans les deux extrémités de ce cylindre dont le piston se trouverait en équilibre et la vapeur irait directement de là à la boite à vapeur du cylindre intermédiaire agissant dès lors comme cylindre à haute pression. On aurait ainsi une machine à double expansion seulement. C'est ce qui fut fait et, à la condition de réduire la pression à l'entrée de la machine de bàbord, on fonctionna le mieux du monde. A l'arrivée au port, on enleva de nouveau le plateau du cylindre à haute pression, on coupa l'écrou, on le remplaça par un de rechange et la machine fut remise dans son état primitif.

La machine ainsi traitée formant la moitié de l'appareil moteur avait une puissance de 5 250 *ch*.

Impression photographique à la lumière électrique. — M. H. G. Reist a présenté à l'American Society of Mechanical Engineers une intéressante communication sur l'emploi de la lumière électrique pour l'impression des bleus.

Dans les grands ateliers, on est très gêné dans les jours courts et sombres de l'hiver pour la reproduction des dessins, et il en résulte des pertes de temps très préjudiciables. Un matériel établi pour la production en été serait très mal utilisé en hiver, et c'est un genre de travail pour lequel il n'est pas possible de rattraper le temps perdu par des heures supplémentaires.

En présence de ces difficultés dont elle avait eu beaucoup à souffrir, la General Electric C° a essayé, il y a quelque temps, plusieurs méthodes d'impression des dessins par la lumière électrique.

Dans la première installation, on a disposé une petite pièce avec neuf lampes à arc placées à 0,45 *m* les unes des autres et suspendues au

plafond avec des réflecteurs disposés de manière à projeter la lumière sur des châssis de la forme employée pour l'impression à la lumière solaire, mais placés sur des chariots. Les réflecteurs étaient articulés de manière à envoyer la lumière dans le sens nécessaire. Avec du papier très sensible, le temps nécessaire pour l'opération variait de six à huit minutes.

Un autre arrangement, qui a reçu des applications assez nombreuses et qui donne des résultats plus avantageux que la méthode précédente, consiste à employer deux lampes à arc closes de 5 ampères et 110 volts, munies chacune d'un capuchon métallique un peu plus grand que le châssis contenant le papier. Ce capuchon est solidement construit en tôle avec des parois paraboliques émaillées en blanc à l'intérieur, de manière à posséder un pouvoir de réflection suffisant. Ces capuchons sont portés par les lampes et un courant d'air est établi pour les empêcher de s'échauffer notablement.

Les lampes elles-mêmes sont suspendues à un chariot roulant sur une barre horizontale. La portée de cette barre est assez grande pour qu'on puisse installer dessous cinq châssis et que les lampes puissent être amenées au-dessus de chacun. On emploie les châssis ordinaires en usage pour la lumière solaire. Les lampes sont encloses dans des globes opalins qui diffusent la lumière, et les parois blanches des capuchons la réflètent vers le bas de telle sorte que toute la surface du châssis se trouve éclairée uniformément sans qu'il y ait aucune différence d'intensité entre le milieu et les bords. Lorsqu'un châssis est resté suffisamment exposé à la lumière, on déplace l'ensemble de l'appareil d'éclairage pour l'amener sur le châssis suivant, tandis qu'on remplace dans le premier le papier impressionné par un nouveau papier, ainsi que le calque s'il y a lieu.

Le temps nécessaire pour l'opération varie naturellement dans des limites assez larges suivant la nature du papier. En général, il faut compter trois ou quatre fois le temps nécessaire avec la pleine lumière du soleil. Ainsi, avec le papier qu'emploie l'auteur, il faut, au soleil, dans le milieu de la journée, au mois de février, une exposition d'environ trente-cinq secondes et, à la lumière électrique, il faut une minute et demie.

Il est facile de comprendre qu'il y a de sérieux avantages à avoir une installation de reproduction de dessins absolument indépendante de l'époque de l'année et du temps qu'il fait. Avec la lumière électrique, les épreuves peuvent être obtenues sans perte de temps, aussitôt après l'achèvement du calque, à quelle heure que ce soit et quel temps qu'il fasse.

En été on peut, avec la méthode ordinaire, faire des bleus pendant toute la durée du travail de bureau et le temps perdu par le temps couvert ou pluvieux est une fraction assez faible; mais, en hiver, on ne peut plus faire de reproductions après 4 heures et la proportion rendue inutilisable par le mauvais temps est très importante. Dans la région qu'habite l'auteur, le ciel est couvert pendant 60 0/0 du temps en décembre et janvier.

De plus, quand le ciel est couvert, il faut huit à dix fois autant de

temps pour impressionner le papier que lorsque le ciel est clair; lorsqu'il pleut, on est dans l'impossibilité à peu près complète d'opérer au dehors, à moins d'avoir des châssis disposés à l'abri de la pluie et encore le changement de papier demande beaucoup de temps, parce qu'on doit rentrer les châssis pour cette opération.

L'auteur a calculé, d'après les courbes de la valeur actinique du soleil à divers moments du jour et diverses époques de l'année, qu'avec un papier assez sensible pour s'impressionner en huit secondes au soleil à midi au mois de juillet, le temps moyen nécessaire en janvier, entre 8 heures du matin et midi et entre 1 heure et 4 heures, serait de 2,33 minutes. De même, en juillet, le temps moyen pour les mêmes heures, sauf qu'on irait jusqu'à 5 h. 1/2 du soir, serait de 0,59 minute, soit un temps moyen pour toute l'année, pour les jours où le temps serait clair, de 1,40 minute.

Si on prend ces chiffres comme point de départ, on trouve qu'un opérateur peut faire en hiver 26,4 bleus par jour. En été, le nombre de jours couverts étant de 25 0/0, le nombre moyen d'épreuves qu'on pourra faire sera de 57,3, soit à peu près le double du chiffre correspondant à l'hiver.

Le coût de l'impression à la lumière électrique est notablement moins élevé qu'on ne se le figure et les chiffres suivants permettent d'apprécier qu'il est plus économique d'opérer à la lumière électrique qu'au soleil.

On comptera l'électricité à raison de 5 cents le kilowatt-heure, ce qui donne 0,624 *f*, prix assez courant. On ne se sert des lampes que pour l'impression et on les éteint une fois le travail fini. Elles ne fonctionnent que 85 minutes par opérateur. Elles consomment chacune 550 watts et coûtent, par conséquent, 0,97 *f* par jour pour les deux. On comptera la main-d'œuvre à raison de 1 dollar (5,20 *f*) par jour.

Les prix comparés seront ainsi de :

	Lumière du jour.	Lumière électrique.
Nombre de tirages moyen par jour . . .	41,9	56,5
Coût par épreuve	0,125 *f*	0,109 *f*

Le temps pour changer le papier est, en général, un peu plus grand avec la lumière du jour qu'avec la lumière électrique, parce qu'il faut déplacer le châssis pour l'incliner convenablement pour recevoir l'action solaire. On peut compter huit minutes, tandis qu'il n'en faut que sept avec l'éclairage électrique, mais, si le temps est pluvieux, on peut bien compter vingt minutes si on opère avec la lumière naturelle.

L'emploi de la lumière électrique peut, d'ailleurs, être combiné avec l'ancienne méthode pour obtenir un supplément de production; il a, d'ailleurs, des avantages inappréciables dans les pays où il y a fréquemment du brouillard et dans les locaux dominés par de hautes constructions qui empêchent l'action solaire de s'exercer normalement.

La discussion qui a suivi cette communication a donné lieu à des observations intéressantes.

Un membre a indiqué que la reproduction des dessins industriels par

la lumière électriqne parait avoir passé dans la pratique en Angleterre, car on trouve, dans l'*Engineering* du 3 mai 1901, une annonce concernant des installations pour reproduction de dessins, etc., au prix de 675 *f*, lampes non comprises.

Un autre membre a appelé l'attention sur un avantage considérable, au point de vue commercial, de la reproduction par l'électricité. Personne, dit-il, n'aurait l'idée d'envoyer une lettre sans l'avoir préalablement fait copier. Or, la nécessité de répondre sans retard à une demande de renseignements ou à une proposition d'affaires oblige parfois le constructeur à envoyer un dessin qui vient d'être terminé, sans qu'on ait le temps d'en prendre copie et, dans ce cas, on doit prier le destinataire de le renvoyer après en avoir pris connaissance. Cette manière d'opérer présente beaucoup d'inconvénients. Avec la reproduction par l'électricité, il suffit d'avoir le dessin achevé une demi-heure avant le départ du courrier pour avoir le temps d'en prendre un bleu pendant qu'on copie la lettre destinée à l'accompagner.

Répondant à une demande, l'auteur de la communication dit qu'on n'éprouve aucun inconvénient de la part de la chaleur développée par les lampes, à la condition, toutefois, d'établir, comme il a été indiqué plus haut, un courant d'air qui prévient l'échauffement des réflecteurs et contribue à refroidir le châssis en cours d'impression. Des installations de ce genre fonctionnent depuis un an et demi sans avoir donné lieu à quelque inconvénient que ce soit.

Nous croyons utile d'indiquer ici que le *Railway Age*, du 2 mai, donne la description d'une machine continue à faire les reproductions. Cet appareil comprend essentiellement un cylindre à axe horizontal mu par une transmission ou par un moteur spécial sur lequel s'enroule sur la demi-périphériè le papier préparé avec le calque superposé. L'alimentation du premier est automatique, les calques sont placés à la main et enlevés de même. L'éclairage se fait par trois lampes, nombre suffisant pour une longueur du cylindre de 1,067 *m*. Des écrans réduisent la zone éclairée au tiers environ de la surface totale du rouleau; la vitesse de rotation est réglée suivant la sensibilité du papier. On recommande des lampes de 25 à 30 ampères, du genre de celles dont on se sert pour la photogravure.

L'appareil peut servir aussi pour les impressions à la lumière du soleil. L'emplacement qu'il occupe pour la longueur de cylindre indiquée ci-dessus est de 1,20 × 1,20 et 1,50 *m* de hauteur.

Epuration du sewage de la ville de Brünn. — Nous reproduisons ce qui suit des *Annales des Travaux publics de Belgique* :

Abstraction faite de l'épandage qui exige des terrains très étendus et d'une nature spéciale, deux procédés sont actuellement en présence pour l'épuration des eaux usées : le procédé biologique et le procédé chimique. Le premier est basé sur l'action épuratoire des bactéries. Bien qu'il ne soit appliqué que depuis peu de temps, il gagne tous les jours du terrain, notamment en Angleterre, où de nombreuses villes y ont recours. Mais le traitement bactériologique est dans la période expérimentale et le moment n'est pas encore venu de se prononcer définitivement sur

son efficacité et sa valeur économique. L'essai en grand qui va être tenté à Manchester sera sans doute édifiant à ce sujet. Le second procédé consiste à traiter le sewage par des agents chimiques. Les inconvénients sont connus : dépense considérable en ingrédients chimiques et difficultés à se débarrasser des boues précipitées. Les divers réactifs employés jusqu'ici : chaux, sulfate d'alumine, sulfate de fer, chlorure de fer etc., et les moyens mis en œuvre pour détruire ou utiliser les boues, n'ont pas permis, en général, d'obtenir à des conditions économiques un effet satisfaisant.

Malgré ce résultat peu encourageant, la ville de Brünn (capitale de la Moravie), s'est décidée à recourir également au traitement chimique pour l'épuration de son sewage. Comme le procédé qu'elle compte employer présente quelques idées neuves, nous croyons utile de signaler cette tentative à nos lecteurs.

Les eaux usées de Brünn seront traitées par le système de M. le chimiste Bayer, basé sur l'emploi d'un réactif composé de charbon organique, de chaux et de zinc en poudre. Ces trois matières sont mélangées dans la proportion de 1 *kg* de charbon, 20 à 30 *g* de chaux et 10 *g* de poussière de zinc par mètre cube de sewage à traiter. Le charbon épurateur est obtenu par la distillation sèche, dans des cornues à gaz, de détritus d'abattoir et de voirie. Après avoir été mélangées intimement au réactif, les eaux usées entrent dans un bassin de décantation où les boues précipitées se déposent. Ces boues sont refoulées directement dans des presses à filtre qui les transforment en tourteaux. A leur tour, ces derniers sont soumis à la distillaiion sèche, ce qui permet de régénérer une partie des matières qui composent le réactif. Au sortir du bassin de décantation, les eaux, encore légèrement troubles, passent sur un filtre composé de couches superposées (à partir du bas) de briques sur champ, de gros coke, de coke fin et de charbon épurateur. L'effluent du filtre est ensuite amené à la rivière. Pour éviter l'obstruction, la couche supérieure (charbon) du filtre est enlevée tous les six jours et nettoyée par chauffage dans des cornues. Les produits des diverses opérations de la distillation (gaz d'éclairage et eau ammoniacale) sont recueillis et permettent de recouvrer une partie des frais.

Après quelques expériences effectuées en 1897, M. Bayer s'est entendu avec la ville de Brünn pour faire un essai de son système portant sur 60 à 70 m^3 de sewage (eaux ménagères et industrielles) par jour.

Voici, d'après le *Oest. Woch. f. d. off. Arbeiten*, les résultats de cet essai :

1° L'effluent est clair, incolore et inodore, dépourvu de germes de putréfaction et peut, mais après plusieurs semaines de repos, être mélangé à l'eau de rivière. Les matières organiques ne sont détruites que dans une certaine mesure variant d'un tiers dans les cas défavorables aux quatre cinquièmes dans les circonstances propices ;

2° La distillation sèche des tourteaux donne un gaz utilisable pour le chauffage et l'éclairage de 8 1/2 bougies au moins de pouvoir éclairant; 78 0/0 de l'azote contenu dans les tourteaux sont recueillis sous forme d'ammoniaque. En moyenne 1 m^3 de sewage donne 0,24 m^3 de gaz d'éclairage et 10 *gr* d'azote sous forme d'ammoniaque. Un débit journalier

de 15 000 *m*³ (comme à Brünn) donnerait donc 3 600 *m*³ de gaz et 182 *kg* d'ammoniaque ;

3° Les réactifs d'épuration sont régénérés par la distillation sèche, sans que leur efficacité soit sensiblement diminuée. Certaines espèces de charbon peuvent être employées jusqu'à cinq et six fois avant d'être hors d'usage ;

4° Le charbon organique le mieux approprié à l'épuration est celui fourni par un mélange de sciure de bois et de sang d'animaux abattus. La distillation sèche de 100 *kg* de ce mélange donne 12 *kg* de charbon, 21 *m*³ de bon gaz d'éclairage et 1 *kg* d'ammoniaque. La valeur de ces produits compense, et au delà, tous les frais de l'épuration ;

5° La plus grande partie des immondices de la ville peut être détruite.

L'essai en question a encore établi, toujours d'après la même source, que l'application du système Bayer, à la totalité du sewage de Brünn, (15 000 *m*³ par jour donnerait lieu à une dépense de premier établissement de 850 000 *f*. Les frais d'exploitation s'élèveraient à 187 000 *f* par an, alors que la vente du gaz et des eaux ammoniacales recueillies produirait 198 000 *f*. Ceci dans l'hypothèse que les opérations de distillation sèche se fassent à l'usine à gaz de la ville et que l'on annexe à l'usine d'épuration un petit bâtiment destiné spécialement à la régénération du charbon du filtre et dont les cornues fourniraient la chaleur nécessaire à la production de la force motrice des pompes et autres engins de l'usine.

Se basant sur ces résultats, la ville de Brünn a adopté le projet dont voici les lignes essenteilles :

Les installations sont établies en vue d'un rendement de 1 000 *m*³ à l'heure, correspondant au débit maximum des heures de jour. Au niveau du canal d'amenée du sewage (égout collecteur), se trouve un premier bassin de 50 *m*³ de capacité, dans lequel, par suite d'une réduction de vitesse, les sables se déposent. Trois pompes centrifuges d'un débit de 600 *m*³ par heure et deux autres de 300 *m*³, élevent les eaux dans le bassin de décantation qui a 120 *m* de longueur, 10 de largeur et 1,50 *m* de profondeur. Ce bassin est en béton et ses parois sont inclinées ; dans la partie près du débouché du sewage sont installés deux malaxeurs à turbine qui servent à mélanger intimement le réactif aux eaux usées ; le restant du bassin, au lieu d'avoir le fond uni, présente une série de puits en forme de pyramide, destinés à recevoir les boues précipitées. A la pointe, c'est-à-dire inférieurement, ces pyramides sont munies de vannes qui permettent de vider les dépôts dans une fosse commune. La vitesse de l'eau dans ce bassin ne sera que de 10 *mm* par seconde.

Arrivée au bout de ce long réservoir, l'eau décantée passe au-dessus de la paroi latérale formant déversoir et tombe dans un conduit qui la mène au filtre. Celui-ci a une hauteur filtrante de 1,20 *m* et une surface totale de 7 000 *m*², divisée en vingt-huit compartiments qui s'alimentent et s'évacuent par des rigoles communes. L'accès de l'eau à chaque compartiment peut être commandé par une vanne.

La capacité de la fosse commune où viennent s'accumuler les boues précipitées est de 60 *m*³. Quoique le volume quotidien des dépôts soit

évalué à 300 m^3, cette capacité est suffisante, les puits en forme de pyramide présentent encore 700 m^3 d'espace disponible.

Deux pompes spéciales enlèvent les boues de cette fosse et les amènent dans trois presses à filtre. Les tourteaux humides, représentant un poids de 31 *t* par jour, sont transportés par voie ferrée à l'usine à gaz.

Comme il a été dit plus haut, la surface du filtre est nettoyée tous les six jours. Au moyen de la pelle, on enlève la couche superficielle de charbon sur deux à trois centimètres d'épaisseur. Des vingt-huit compartiments, sept sont à nettoyer par jour et la quantité de charbon à enlever à cet effet est de 12 *t*. La régénération se fait dans six cornues installées dans un bâtiment dépendant de l'usine d'épuration. On utilise le charbon de ces cornues pour chauffer une chaudière de 50 m^2 de surface de chauffe et dont la vapeur actionne le moteur de l'usine. La force maxima nécessaire par four est de 60 *ch*.

Les machines accessoires comprennent : deux moulins pour broyer les ingrédients chimiques, deux malaxeurs destinés à mélanger le réactif au sewage et des ventilateurs pour la dessiccation des matières premières humides.

Enfin, à l'usine à gaz sont installés, pour la distillation sèche, quatre cornues, un appareil de condensation et un autre pour le lavage de l'acide carbonique.

Distribution électrique de force dans le sud du Pays de Galles. — L'installation de stations centrales et de réseaux pour la distribution électrique de la force se répand rapidement en Angleterre dans les districts industriels et manufacturiers. En voici un nouvel exemple des plus intéressants.

Notre éminent Collègue, Sir Frédérick Bramwell, a posé, le 30 avril dernier, la première pierre d'une station centrale à Pontypridd. Cette station appartient à la South Wales Electrical Power Company constituée au capital de 18 750 000 *f* pour créer et distribuer l'énergie électrique dans le comté de Clamorgan et dans la partie du comté de Monmouth situé à l'ouest de la rivière Usk, ce qui comprend la totalité des gisements houillers du sud du Pays de Galles. L'importance de l'entreprise peut être appréciée par le fait que la contrée dont il s'agit a une superficie de 2 600 km^2 (presque la moitié de celle du département du Nord) et contient une population de plus d'un million d'habitants. Les industries qui s'y exercent comprennent des houillères, des forges et mines, des exploitations d'étain, des mines de cuivre, des carrières, des chemins de fer et tramways, des chantiers de construction, et de réparation de navires, des fabriques de produits chimiques et autres de tous genres. On compte plus de 2 400 houillères et usines, grandes ou petites, et on établit en ce moment des tramways électriques dans diverses parties du district. Actuellement on n'emploie comme moteurs que des machines à vapeur et quelques moteurs à gaz.

Pour ne parler que des houillères, la transmission de la force ne s'effectue que par la vapeur ou quelquefois par l'air comprimé, ce qui donne lieu à de sérieuses difficultés, si on considère que la transmission s'opère, dans certains cas, à plus de 3 *km* ; tandis que, avec l'électricité on

aurait l'avantage d'un rendement beaucoup plus élevé et d'une facilité et d'une sécurité beaucoup plus grandes. Une autre économie, très importante, pour les propriétaires de houillères résultant de l'emploi de l'électricité, serait la suppression de quantité de petites machines à vapeur dont chacune exige un personnel, d'où une main-d'œuvre considérable ; or ces petites machines ne fonctionnent, la plupart, que d'une façon intermittente. L'électricité présenterait donc, de ce chef, un avantage considérable, la dépense étant proportionnelle à la durée du travail réel.

On estime à beaucoup plus de 900 000 *ch* la puissance des machines à vapeur existant actuellement dans le district, et au moins un tiers pourrait, dès à présent, être remplacé par l'électricité. Dans le Rhondda Valley, et dans un rayon de 10 *km* autour de Pontypridd, on compte 60 000 *ch* vapeur et, dans un rayon semblable, autour de la station de Neuth, 60 000 et ces chiffres augmentent tous les jours.

L'acte de constitution de la Société prévoit, comme début, l'établissement de trois stations centrales Neath, Pontypridd et Pontypool avec une puissance collective de 30 000 *ch*, mais le nombre des stations devra être porté à cinq, des terrains ayant été acquis à cet effet, à Bridgend et à Cwmbrau.

A Neath, les fondations du bâtiment sont commencées. A Pontypridd, les bâtiments dont sir Frederick Bramwell a posé la première pierre, ne forment que la cinquième partie de l'installation définitive; ces constructions contiendront des appareils moteurs de 15 000 *ch*, la force totale de la station devant s'élever plus tard à 75 000 *ch;* chaque unité de puissance est d'au moins 3 000 *ch* indiqués. On pense que dans un an cinq groupes de moteurs à triple expansion avec génératrices de 2 250 kilowatts chacune seront en fonctionnement. Les chaudières, au nombre de 24, sont du type Niclausse, fabriquées par MM. Willans et Robinson, dans leurs ateliers de Chester.

Chacune de ces chaudières devra vaporiser 6 300 *kg* d'eau à l'heure, avec des menus, à une pression de 14 *kg*. Les charbons seront amenés directement des puits par une voie se raccordant au Taff Vale Railway, au-dessus des chaudières et déchargés dans des trémies placées chacune au-dessus d'une porte du foyer. Ces chaudières fonctionneront au tirage forcé au moyen de ventilateurs à moteurs électriques, de même les pompes alimentaires seront actionnées électriquement.

Les cinq machines de 3 000 *ch* indiqués sont fabriquées aux ateliers de Rugby de MM. Willans et Robinson. Ce sont des moteurs verticaux à triple expansion à trois manivelles marchant à condensation. Chaque appareil se compose, en réalité, de trois machines séparées, une à haute, une à moyenne et une à basse pression, les pistons agissant chacun sur une manivelle et les trois manivelles étant calées à 120° les unes par rapport aux autres. Le nombre de tours normal est de 120 par minute et on obtiendra la force de 3 000 *ch* sur les pistons avec une pression de 12,8 *kg* par centimètre carré à l'entrée de la machine et un vide de 0,635 *m* de mercure au condenseur.

Les condenseurs, avec leurs pompes à air, seront placés dans le sous-sol, au dessous de la machine correspondante. Les pompes de circula-

tion, dont chacune pourra débiter 900 m^3 à l'heure pour une charge de 12 *m* d'eau, seront aussi actionnées par des moteurs électriques. Les dynamos seront couplées directement aux arbres des moteurs, et tourneront, par conséquent, à la même vitesse de 120 tours par minute. Le courant produit sera triphasé à la tension de 12 000 volts et avec une faible périodicité. Le tableau principal sera placé sur une plate-forme en béton élevée de quelques pieds au-dessus du plancher général de la salle des machines et sera naturellement muni des dispositifs de sûreté les plus perfectionnés. Les bâtiments dans lesquels ce matériel doit être installé sont de grandes dimensions. Ceux actuellement en construction ont 78,70 *m* de longueur, 44,50 *m* de largeur et 16,50 de hauteur. Mais la construction lorsqu'elle sera complète aura 232 *m* de longueur, 84,50 *m* de largeur, la hauteur restant la même. Dans la partie en construction, on a employé plus de 3 300 m^3 de béton.

Pour satisfaire les demandes immédiates et aussi pour fournir l'énergie électrique nécessaire pour actionner les engins divers employés dans la construction, grues, pompes, etc., la Compagnie a fait une installation provisoire formée de deux grandes chaudières type locomotive, quatre machines de 240 *ch* couplées directement avec autant de dynamos, avec les accessoires nécessaires.

La totalité des câbles conducteurs sont fabriqués aux ateliers d'Erith de la Callender Cable and Construction Company, qui doit commencer la pose des réseaux, par celui de la Rhondda Valley, au courant de l'été.

Les installations ont été étudiées et l'exécution surveillée par les ingénieurs-conseils de la Société, MM. Bramwell et Harris, maison dont Sir Frederick Bramwell est l'associé principal.

Bateaux à moteurs électriques. — On a déjà fait de divers côtés des essais pour la propulsion électrique des embarcations, mais ces tentatives paraissent avoir été faites sur une trop petite échelle pour permettre la comparaison avec les autres moteurs; aussi les expériences faites par le professeur O. Flamm et publiées récemment dans le *Schiffbau* présentent un grand intérêt. Nous donnons ci-dessous un résumé succinct d'après l'*Engineering Magazine*.

Les expériences devaient être faites sur un bateau de 16 *m* de longueur et avant de procéder à la construction de ce bateau, pour avoir des données sur la puissance qu'il serait nécessaire de prévoir pour réaliser une vitesse donnée, on fit des expériences préliminaires sur deux modèles au dixième de grandeur naturelle dans le bassin expérimental du Norddeutscher Lloyd, à Bremerhaven. L'article dont nous parlons donne le résultat de ces essais faits par le professeur Flamm, et analyse la décomposition des résistances éprouvées en soulèvement de vagues et en frottement de carène. Des photographies reproduisent la forme prise par les vagues soulevées aux diverses vitesses.

A la suite de ces essais, on fut conduit à adopter pour le bateau une forme un peu différente de celles des deux modèles; il en résulte qu'il n'est pas possible de faire une comparaison aussi rigoureuse entre les résultats des essais préliminaires et des essais définitifs qu'elle eût pu l'être si les formes du bateau et d'un des modèles eussent été les mêmes.

Le bateau a 16 *m* de longueur, 2,50 *m* de largeur et 0,80 *m* de creux au milieu. Son déplacement est de 17,20 m^3. Le poids du moteur, avec les accumulateurs, commutateurs, conducteurs, etc., est de 11 049 *kg*, ce qui représente, pour 60 *ch*, environ 185 *kg* par cheval. Ce poids est beaucoup plus élevé que ne serait le poids d'un moteur à vapeur ou à combustion interne et indique qu'il y a encore des progrès considérables à réaliser dans les accumulateurs, si on veut arriver à les employer utilement pour des applications de ce genre.

On a fait un grand nombre d'essais et les résultats de ces essais sont, dans l'article du *Schiffbau*, présentés sous forme de tableaux et sous forme de tracés graphiques, les vitesses étant relevées au moyen de divers systèmes de locks mécaniques. On peut dire qu'en général, les résultats sont notablement supérieurs à ceux qui avaient été obtenus dans le bassin d'essai, bien que, comme on l'a exposé plus haut, il ne soit pas possible d'établir une comparaison rigoureuse.

A la vitesse de 10 nœuds, la puissance consommée a été de 59,30 *ch*, à celle de 7,70, la puissance a été de 18,10 *ch*, et enfin pour 4,90, de 5,30 *ch*. A la vitesse de 10 nœuds, le rayon d'action fourni par les accumulateurs etc., a été trouvé de 30 milles marins et, à celles de 4,90 *m* de 220 milles.

Ces essais doivent être continués, mais les résultats déjà obtenus par le professeur Flamm permettent de se rendre compte de ce qu'on peut obtenir actuellement en pratique des bateaux à moteurs électriques.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Mai 1902.

Rapport de M. Lindet sur **la machine à raffiner le sucre d'une manière continue,** de M. Prangey.

Cette machine comporte trois parties essentielles : 1° un tablier sans fin métallique sur lequel la masse cuite, délivrée en tête, se solidifie en une nappe continue ; 2° une table sur laquelle cette nappe est fendue en lingots, puis cassée ; 3° un second tablier sans fin, où le sucre est cassé, puis refroidi. Cette machine rappelle, dans son ensemble, la machine à fabriquer le papier. C'est par simple égouttage, en effet, puis par succion, que la masse cuite se purge de son sirop d'égout, comme la pâte à papier se feutre sur la toile métallique, et, comme dans la machine à papier, le produit fabriqué est séché sur la machine même et en queue du travail.

L'étuvage a lieu sur le tablier sans fin lui-même par la filtration à travers la plaque de sucre d'un courant d'air chaud et sec. A ce moment, la plaque quitte le tablier sans fin et tombe sur un appareil à scies rotatives qui la débite en lingots continus, lesquels sont ensuite soumis à l'action d'un casseur. Après un second étuvage sur un autre tablier sans fin, les morceaux de sucre peuvent être livrés à la consommation.

Ces machines, installées à la Raffinerie parisienne où elles ont fonctionné depuis 1896 jusqu'à la fermeture de l'usine, en 1901, fournissaient 500 *kg* de sucre raffiné, cassé, à l'heure, soit 10000 *kg* par jour, avec trois hommes.

Rapport de M. Toulon sur **la chape basculante pour trolleys,** de M. Martial Jacob.

On sait qu'il est parfois difficile d'accrocher la poulie qui termine la perche sur le fil de distribution du courant dans la traction électrique par trolley. Cette difficulté tient à ce que la gorge de la poulie n'est pas assez large, et que la roue peut prendre diverses orientations dans le sens vertical et ne se trouve pas, en général, parallèle au fil. Le dispositif inventé par M. Martial Jacob consiste essentiellement en une chape basculante, tournant autour de l'âme de la poulie et solidaire de deux guides en forme de V. La corde qui sert à manœuvrer la perche passe sur un rouleau de guidage et s'attache à l'arrière de la chape basculante. Il en résulte que, lorsqu'on exerce une traction de haut en bas sur la corde, la chape se redresse, les branches du V prennent une position

verticale et il devient facile d'amener les branches de ce V, largement ouvert, à embrasser le fil qui est conduit au fond de la gorge de la poulie. A ce moment, la corde de manœuvre est abandonnée à elle-même, un ressort antagoniste de la chape ramène les branches du V dans la position horizontale et les empêche ainsi de rencontrer les supports du fil. Cet appareil est simple et paraît un perfectionnement notable sur les dispositions proposées pour remplir le même objet.

Le sol et les systèmes de culture, par M. Hitier.

Cette question a fait l'objet d'une conférence à la Société d'Encouragement, le 28 février dernier.

L'auteur examine les systèmes de culture en usage dans les différentes régions de la France et en expose les raisons. Il explique comment, avant les facilités des moyens de communication, on était souvent obligé de pratiquer certaines cultures là où ni le climat ni le sol ne leur étaient naturellement favorables, tandis qu'aujourd'hui, avec les perfectionnements des moyens de transport, on cherche à limiter les systèmes de culture à ceux qui conviennent aux conditions naturelles de climat et du sol du pays où se trouve l'agriculteur. La spécialisation des diverses régions dans les productions qui leur sont le mieux adaptées est un progrès incontestable qui a permis de produire plus économiquement et qui devra permettre une vente plus avantageuse.

Essais du cuir dans ses applications industrielles, par M. H. Boulanger *(suite)*.

Cette partie est consacrée à l'étude des propriétés et des résistances des cuirs chromés. L'emploi du chrome comme agent de conservation des peaux se vulgarise de plus en plus depuis plusieurs années et, dans certaines applications, les résultats ont été des plus favorables.

Expériences sur le travail des machines-outils, par M. Codron *(suite)*.

Cette partie s'occupe du poinçonnage des divers métaux, avec des poinçons de diverses formes et du travail absorbé pour cette opération dans diverses conditions.

Note de mécanique. — Nous signalerons une note sur la protection des ascenseurs, relative principalement au verrouillage des portes lorsque l'ascenseur est en mouvement, ce qui est indispensable pour assurer une sécurité complète ; la description de la drague Levat pour l'exploitation des placers aurifères, des machines Collet pour la fabrication des trenails ou douilles en bois employées pour les attaches des rails sur les traverses, et une note sur le calcul des dimensions principales des moteurs à gaz de M. H. Guldner, extraite du *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.*

ANNALES DES MINES

2me livraison de 1902.

Le gisement de minerai de fer oolithique de la Lorraine, par M. F. Villain, Ingénieur des Mines.

3me livraison de 1902.

Le gisement de minerai de fer oolithique de la Lorraine, par M. F. Villain, Ingénieur des Mines *(suite et fin)*.

La région minière qui fait l'objet de cette étude a une superficie de 90 000 *ha*, tant dans l'arrondissement de Briey, en France, que dans les régions limitrophes du Luxembourg et de la Lorraine allemande. On peut estimer sa richesse totale en minerais à 5 milliards de tonnes, dont à peu près la moitié en territoire français.

Le gisement lorrain se divise en cinq bassins, savoir : Longwy, Landres, Ottange-Tucquegnieux et le bassin de l'Orne.

La note, très développée, étudie successivement ces divers bassins, les couches qu'ils présentent, la composition des minerais, etc. On trouve ensuite une note très importante sur la présence du phosphore dans les minerais oolithiques de la Lorraine, l'origine de ce phosphore, ses proportions, etc. L'auteur donne comme conclusions une théorie de la formation des minerais de fer par voie d'enrichissement dû à l'action de certaines eaux.

Statistique de l'industrie minérale de la France. — Tableaux comparatifs de la production des combustibles minéraux, des fontes, fers et aciers en 1900 et 1901.

Il a été produit en France, en 1901, 32 302 000 *t* de combustibles minéraux, dont 31 613 000 *t* de houille et anthracite et 689 000 *t* de lignites ; ce total est en diminution de 1 100 000 *t* sur l'année 1000.

Le Nord et le Pas-de-Calais ont produit ensemble 20 264 000 *t*, ce qui représente 64 0/0 de la production totale de houille et d'anthracite de la France. Après vient la Loire avec 3 796 000 *t* ; le Gard, avec 1 959 000 *t* et Saône-et-Loire, avec 1 776 000 *t*.

Pour la lignite, le bassin du Fuveau a produit 566 500 *t*, après vient le bassin de Manosque, avec 61 700 *t*, et le bassin du Gard, avec 18 500 *t*.

La production de lignite est en augmentation de 6 000 *t* sur l'année précédente, soit 1 0/0 environ, ce qui est insignifiant.

Il a été produit, en 1901, un total de 2 400 000 *t* de fonte, soit 314 000 *t* de moins que l'année précédente. Sur ce total on compte 2 369 000 *t* de fonte au coke, 19 350 *t* de fonte au bois et 11 500 *t* de fonte mixte. Le département de Meurthe-et-Moselle figure dans le total pour 1 445 000 *t*, soit 60 0/0 ; le Nord vient très loin après avec 266 000 *t*, et Saône-et-Loire avec 91 000 *t*.

La production du fer s'est élevée, en 1901, à 554 000 *t*, en diminution de 154 000 *t* sur l'année précédente. Sur ce chiffre, on trouve 357 000 *t*

de fer puddlé, 4 700 *t* de fer affiné au charbon de bois et 192 000 *t* de fer obtenu par réchauffage de vieux fers et riélons. Il n'a été fait que 315 *t* de rails en fer, contre 627 *t* l'année précédente.

Pour l'acier, il a été produit 1 465 000 *t* de lingots, soit 100000 *t* de moins qu'en 1900. Sur ce total, il y a 860 000 *t* d'acier Bessemer et 605 000 d'acier Siemens-Martin.

La production des aciers ouvrés s'est élevée à un total de 1 151 000 *t*, en diminution de 75 000 *t* sur l'année précédente. Sur ce total, on trouve 296 000 *t* de rails, soit 18 000 *t* d'augmentation et 274 000 *t* de tôles, ou 2 600 *t* de moins que l'année précédente.

L'acier fondu au creuset figure pour 12 800 *t* au lieu de 17 000 en 1900. Pour les lingots, c'est toujours le département de Meurthe-et-Moselle qui est en tête avec 535 000 *t*, contre 567 000 *t* l'année précédente ; après vient avec 227 000 *t* au lieu de 240 000 *t* en 1900, et Saône-et-Loire avec 86 000 au lieu de 96 000 l'année précédente.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Mai 1902.

District de Bourgogne.

Réunion du 23 février 1902.

Communication de M. de Bellefond sur **la grille articulée Moutte à décendrage mécanique.**

Cette grille se compose de barreaux en fer supportés par des balanciers qu'on peut faire osciller à la main ; la disposition est telle que les barreaux pairs s'élèveront, tandis que les barreaux impairs s'abaisseront et vice versa, tout en restant parallèles à eux-mêmes.

Ces grilles n'ont encore été employées que dans les chaudières marines où elles ont, d'ailleurs, fait leurs preuves, notamment avec les chaudières Belleville. La Compagnie des Messageries Maritimes en a pour une puissance de plus de 100 000 *ch*.

Leur avantage est de permettre une combustion régulière et complète du combustible. Le parallélisme des mouvements des barreaux a pour résultat de produire l'uniformité de la couche de combustible et, par suite, le passage régulier de l'air à travers cette couche sans excès nuisible. L'agitation de la grille permet, en outre, de rétablir fréquemment le passage de l'air quand il est obstrué par les cendres, et de se débarrasser de celles-ci d'une manière à peu près constante sans ouverture des portes. Elle permet encore de briser les gâteaux de mâchefer quand il s'en forme.

On réalise une économie de combustible par suite de la régularité de la combustion et cette grille facilite considérablement le service de la chauffe, au grand avantage du personnel ; il n'est plus nécessaire d'avoir des chauffeurs aussi habiles qu'avec les grilles ordinaires, d'où économie de main-d'œuvre.

Communication de M. Salin sur l'**Enregistreur de cordées pour machines d'extraction, système Requel.**

Cet appareil, établi à La Machine, a pour objet d'indiquer, pour chaque moment de la journée, la vitesse de la machine et les différentes phases de la circulation des cages dans un puits. Les indications sont enregistrées sur une bande de papier d'environ 1 *m* de longueur qui se déroule complètement en vingt-quatre heures et sur laquelle un style trace, dans une course de 30 *mm*, les différentes phases correspondant à celles de la marche des cages dans le puits. On peut ainsi se rendre compte du nombre de corvées affectées à la circulation du personnel, des heures où commence la descente ou la montée, du nombre de cages descendues, du temps qu'on passe à les charger ou à les décharger, etc.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 22. — *31 mai 1902.*

Les eaux de Hambourg et le développement de leurs installations mécaniques, par R. Schröder.

Nouvelles recherches sur les efforts développés dans les lignes d'arbres des machines marines et les vibrations qui s'y produisent, par M. Frahm.

Expériences sur une machine compound tandem de 1 000 *ch*, par M. Schröter.

Exposition de Düsseldorf. — L'électricité dans les mines et usines, par M. Hoffmann.

Corrosion des conduites par l'eau de mer et les eaux salines, par H. Herzberg.

Groupe de la Lenne. — La question des puits de mines.

Groupe de Schleswig-Holstein. — Corrosion des métaux en présence de l'eau de mer.

Revue. — Manutention des grosses pièces de forge. — Essais des navires de guerre américains *Alabama*, *Kearsarge* et *Massachusetts.*

N° 23. — *7 juin 1902.*

Exposition de Düsseldorf. — Les machines-outils, par H. Fischer.

Les eaux de Hambourg et le développement de leurs installations mécaniques, par R. Schröder *(suite).*

Exposition de Düsseldorf. — Machines actionnées par la vapeur pour les mines et la métallurgie, par H. Dubbel.

Expériences au frein sur une nouvelle turbine américaine, par Pfarr.

Prévention des accidents et hygiène industrielle, par W. Heffter.

Groupe de Dresde. — Détermination de la puissance calorifique d'un combustible.

Groupe de la Lenne. — Les sous-marins au point de vue de l'Ingénieur.

Groupe du Rhin moyen. — Le métal Cothias.

Groupe de Poméranie. — Nouvelles expériences sur des machines à vapeur combinées.

Groupe de Saxe. — Éclairage électrique par lampes à arc.

Groupe de Thuringe. — Utilisation des gaz de hauts fourneaux dans les moteurs.

Bibliographie. — Élasticité et Résistance, par C. von Bach.

Revue. — Planchers en béton armé. — Production du fer au four électrique. — Percement du tunnel de l'Albula.

N° 24. — *14 juin 1902.*

Exposition de Düsseldorf. — Les moteurs à gaz, par R. Schöttler.

Les eaux de Hambourg et le développement de leurs installations mécaniques, par R. Schröder *(fin)*.

Nouvelles recherches sur les efforts développés dans les lignes d'arbres des machines marines, et les vibrations qui s'y développent, par H. Frahm.

Régulateurs à ressort, par J. Stampf.

Expériences sur une machine compound-tandem de 1 000 *ch*, par M. Schröter.

Exposition allemande d'automobiles, à Berlin, en 1902.

Revue. — Expériences de la Société d'études pour chemins de fer électriques à grande vitesse. — Développement des Sociétés d'Ingénieurs en Angleterre et en Allemagne.

N° 25. — *21 juin 1902.*

Exposition de Düsseldorf. — Les appareils de levage, par Ed. Ernst *(suite)*.

Transmissions à vis sans fin à rendement élevé, par M. Westberg.

Fabrique de Brown, Bovery et Cie, à Käferthal, près Mannheim.

Chaudière à triple carneau et ses résultats de vaporisation, par L. Lewicki.

Réunion de l'Association technique de Construction navale à Düsseldorf, du 2 au 9 juin. — Les constructions navales à l'Exposition de Düsseldorf.

Groupe de Berlin. — Normes de l'Association allemande de l'Acétylène pour la construction et l'emploi des appareils à acétylène.

Groupe de Breslau. — Le nouveau port municipal de Breslau. — Machines élévatoires pour la canalisation de la ville de Breslau. — Station centrale de force des tramways de Breslau. — Chantiers de construction navale de Cesar Wollheim, à Casel.

Groupe du Rhin inférieur. — Durée des lampes à arc.

Revue. — La 5 000me locomotive construite dans les ateliers A. Borsig. — Règles pour l'emploi des appareils à acétylène.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. MALLET.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES

DANS LA CHRONIQUE DU 1er SEMESTRE, ANNÉE 1902

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE DEUXIÈME SEMESTRE, ANNÉE 1902

(Bulletins)

ADMISSION DE NOUVEAUX MEMBRES

AVIATION

BIBLIOGRAPHIE

CHEMINS DE FER

CHRONIQUE

COMPTES RENDUS

CONCOURS

CONGRÈS

DÉCÈS

DÉCORATIONS FRANÇAISES

Officier de la Légion d'honneur : M. S. Périssé.

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. P. Fougerolle, L. Mercier, E.-J. Bernheim, L.-A. Lambert, E. Mimard, Ad. Réveillac.

Officiers de l'Instruction publique : MM. Ed. Pommay, H. de Baecker, Ch.-A. Bourdon, Ed. Halphen, A.-J. Lespès, G.-Ch.-E. Vigreux, G. Dehenne.

Officiers d'Académie : MM. D. Dorian, F.-L. Dubois, R.-E. Bloch, F.-M. Boutain, E.-P.-E. Desgrandchamps, C. Durey, E.-L.-G. Herscher-Geneste, R. Kiener, Ch. Michel, Ch.-L. Regnault, F. Schiff, L. Simon, Jules Robert.

Officiers du Mérite agricole : MM. Ch. Baudry, G. du Bousquet, F. Dehaître, H.-A. Deroy, Ch. Jablin-Gonnet.

Chevaliers du Mérite agricole : MM. L. Brillié, A. Darracq, P. Regnard, E. Chardon, A. Fritscher, F.-M. Boutain, A. Hallier, Hallam de Nittis, L.-G. Worms, A. Aubert, E. Halphen, G. Mestayer.

DÉCORATIONS ÉTRANGÈRES

Commandeur de Saint-Jacques du Portugal : M. P. Buquet.

Commandeurs de la Conception du Portugal : MM. Imbert, Deharme.

Chevalier de la Conception du Portugal : M. Jules Robert.

Chevalier du Christ du Portugal : M. Jules Robert.

Commandeur de la Couronne d'Italie : M. P. Boubée.

Commandeur d'Isabelle la Catholique : M. V. Alvargonzalez.

Chevalier d'Isabelle la Catholique : F. Arnodin.

DIVERS

DONS ET LEGS

ÉLECTRICITÉ

EXPOSITIONS

GÉOLOGIE

HYGIÈNE

MÉCANIQUE

MÉTALLURGIE

MINES

NAVIGATION

NÉCROLOGIE

NOMINATIONS

OUVRAGES, MÉMOIRES ET MANUSCRITS REÇUS

PLANCHES

Nos 16 à 29.

PRIX ET RÉCOMPENSES

SCIENCES MATHÉMATIQUES

TRANSPORTS

TRAVAUX PUBLICS

TABLE ALPHABÉTIQUE

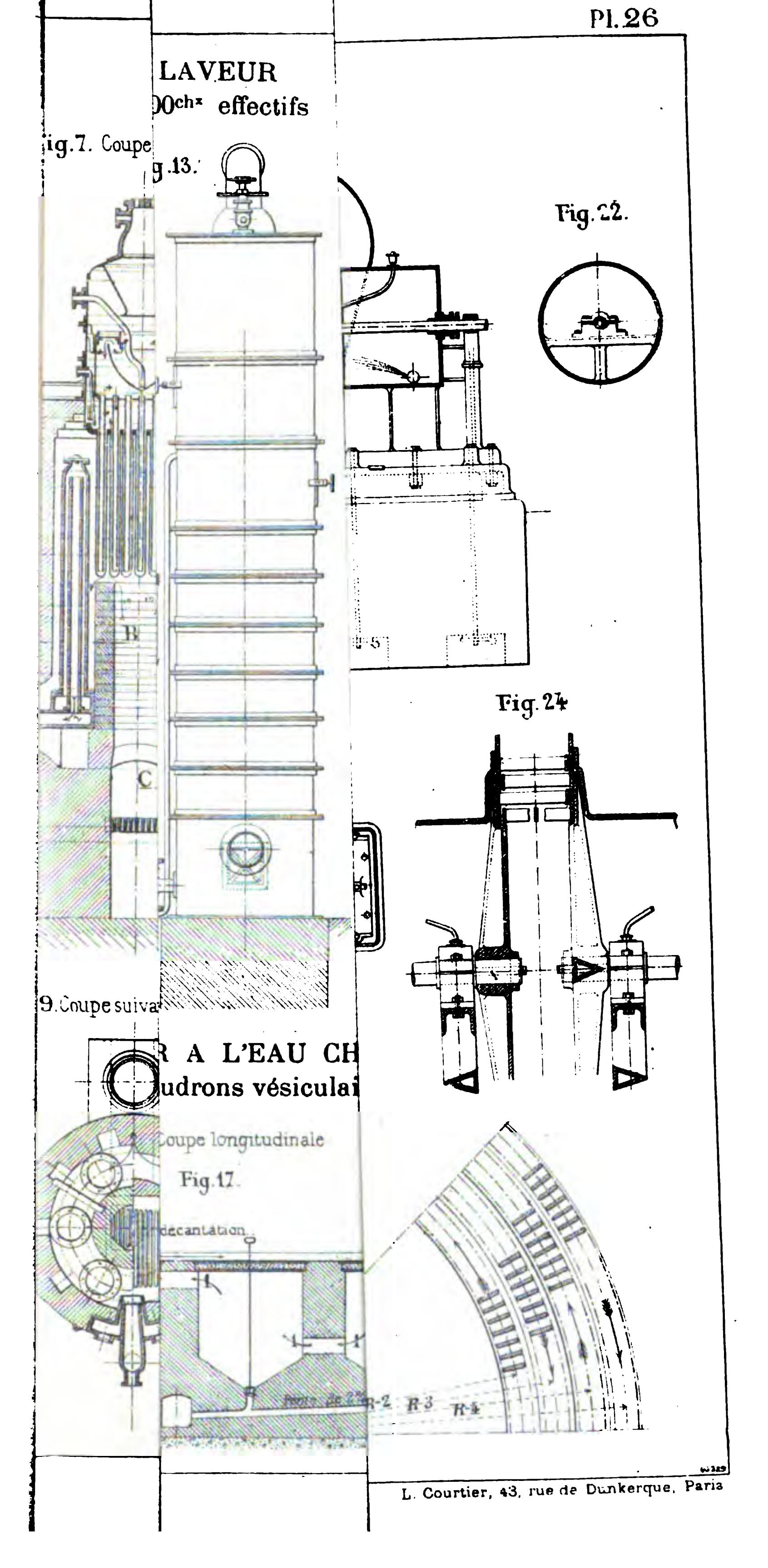
PAR

NOMS D'AUTEURS

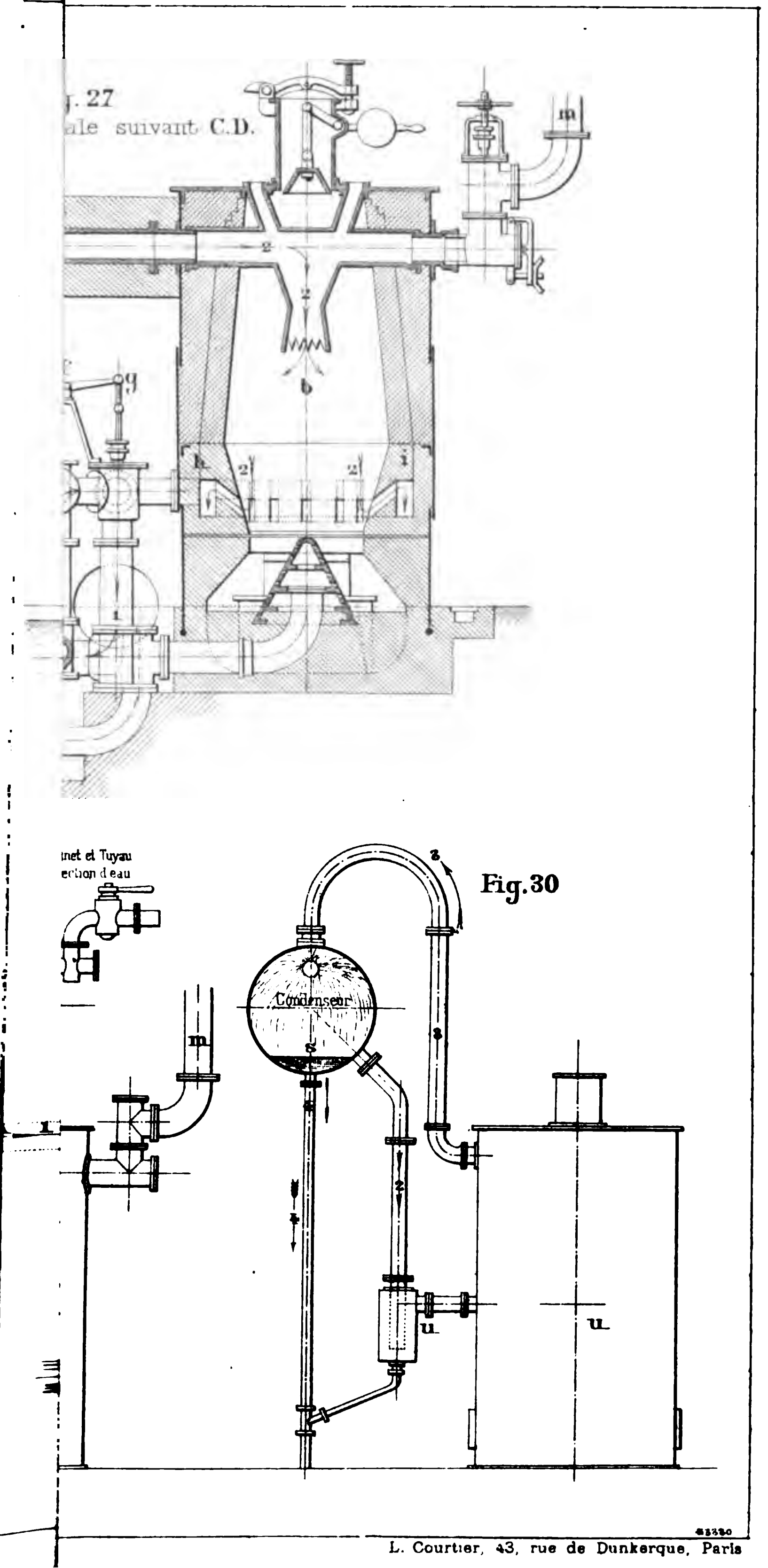
DES MÉMOIRES INSÉRÉS DANS LE 1er SEMESTRE, ANNÉE 1902.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. de Dax.

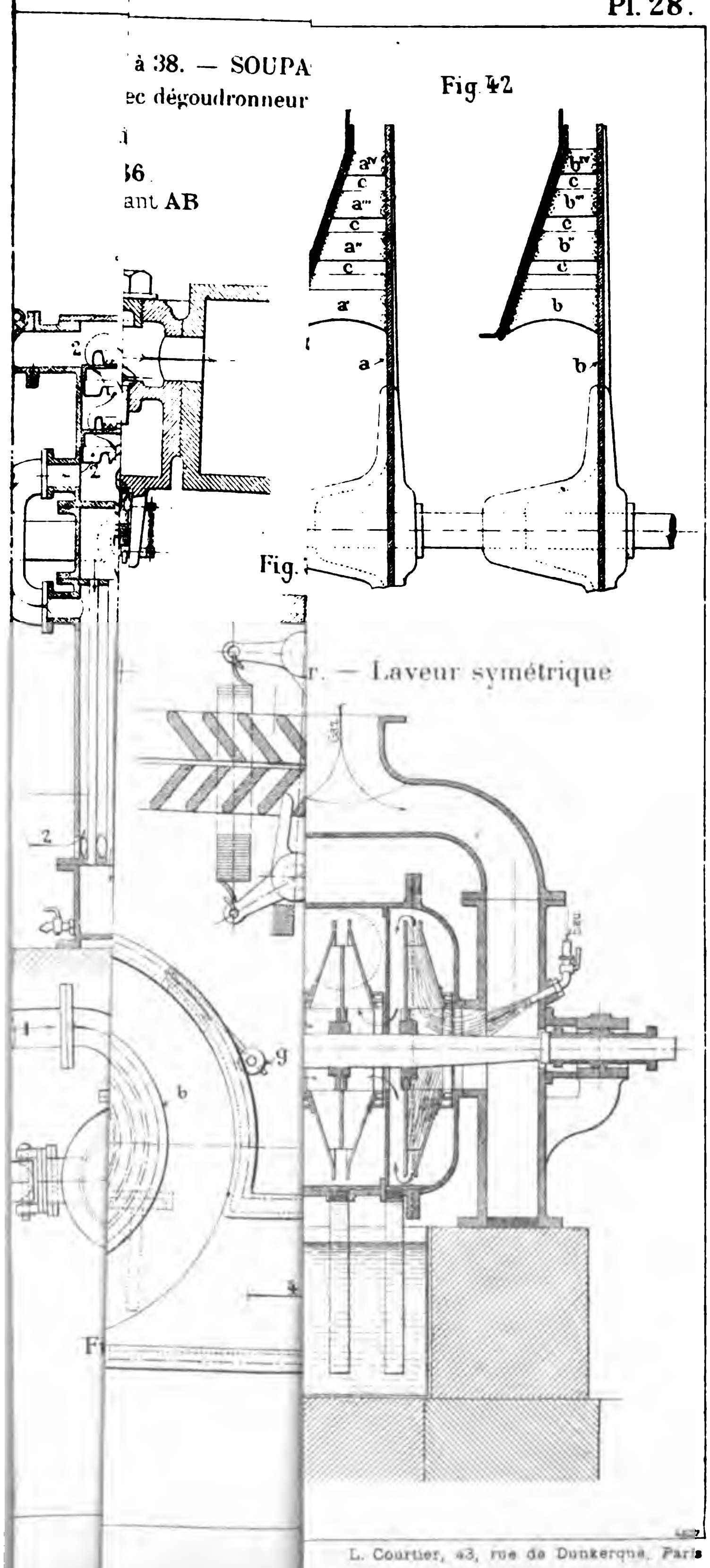
IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 12668-6-02. — (Encre Lorilleux).



L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris



…g. 27
…ale suivant C.D.
m
b
h
i
g
…inet et Tuyau
…ection d'eau
Fig.30
Condenseur
m
u
u



L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

